１年未満保存

基安化発第 1228001 号
平成 17 年 12 月 28 日

都道府県労働局労働基準部
労働衛生主務課長　殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部化学物質対策課長

「動物実験施設の病理組織検査室におけるホルムアルデヒド
に係る労働衛生対策マニュアル」の送付について

職域におけるシックハウス対策については、「屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン」（平成１４年３月１５日付け基発第 0315002 号）を策定し、その周知にご尽力いただいているところであるが、今般、当該ガイドラインに基づく着実なホルムアルデヒド濃度の低減を図るため、動物実験施設を対象とした標記マニュアルを作成したので、関連する業種への指導等に活用されたい。

基安化発第 1228002 号
平成 17 年 12 月 28 日

日本製薬工業協会会長　殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部化学物質対策課長

「動物実験施設の病理組織検査室におけるホルムアルデヒド
に係る労働衛生対策マニュアル」の送付について

日頃から、労働安全衛生対策の推進に格段の御理解、御協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、近年、住宅に使用される建材等から室内に発散するホルムアルデヒド等の化学物質に室内空気が汚染されること等により、目、鼻、のど等への刺激、頭痛等の多様な症状が生じる、いわゆる「シックハウス症候群」が問題となっていることから、職域におけるシックハウス対策として、「屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン」（平成１４年３月１５日付け基発第 0315002 号）を策定したところです。

今般、当該ガイドラインに基づく着実なホルムアルデヒド濃度の低減を図るため、動物実験施設を対象とした標記マニュアルを作成しました。

つきましては、貴団体におかれましては、本マニュアルの周知を図られるとともに、本マニュアルを活用した病理組織検査室内作業における労働衛生対策を推進されますようお願い申し上げます。

基安化発第1228002号
平成17年12月28日

化学物質等安全性試験受託研究機関協議会会長　殿

厚生労働省労働基準局
安全衛生部化学物質対策課長

「動物実験施設の病理組織検査室におけるホルムアルデヒド
に係る労働衛生対策マニュアル」の送付について

日頃から、労働安全衛生対策の推進に格段の御理解、御協力を賜り厚く御礼申し上げます。

さて、近年、住宅に使用される建材等から室内に発散するホルムアルデヒド等の化学物質に室内空気が汚染されること等により、目、鼻、のど等への刺激、頭痛等の多様な症状が生じる、いわゆる「シックハウス症候群」が問題となっていることから、職域におけるシックハウス対策として、「屋内空気中のホルムアルデヒド濃度低減のためのガイドライン」（平成１４年３月１５日付け基発第0315002号）を策定したところです。

今般、当該ガイドラインに基づく着実なホルムアルデヒド濃度の低減を図るため、動物実験施設を対象とした標記マニュアルを作成しました。
つきましては、貴団体におかれましては、本マニュアルの周知を図られるとともに、本マニュアルを活用した病理組織検査室内作業における労働衛生対策を推進されますようお願い申し上げます。

動物実験施設の病理組織検査室における
ホルムアルデヒドに係る労働衛生対策マニュアル

平成１７年３月

中央労働災害防止協会

労働衛生調査分析センター

第１章　　作業環境管理

1．1　労働衛生対策の基本（総論）

労働安全衛生法では、事業者に労働災害の防止のための措置を義務づけるとともに、更に快適職場の形成の努力義務を課している。労働衛生対策を行う上で、①有害性の把握、②労働衛生管理（作業環境管理、作業管理、健康管理）、③安全衛生に係る教育が基本的な対策であると考えられる。このうち、作業環境の改善（換気装置）及び継続的な換気の励行は、労働者の健康確保の観点から基本的な労働衛生対策である。

(1) 有害物質の発散の抑制

① 有害物質の製造、使用の中止又は消滅、有害性の少ない物質への転換
② 生産工程の改良
③ 過負荷運転等の制限

(2) 有害物質の飛散と拡散の抑制

① 有害物質を取り扱う設備の密閉化と自動化
② 有害な生産工程の隔離と遠隔操作の採用
③ 局所排気による有害物質の拡散防止
④ プッシュプル換気による有害物質の拡散防止

(3) 有害物質の希釈と除去による濃度低減

① 全体換気による有害物質濃度の低減
② 吸着材による有害物質濃度の低減

この内、代表的な工学的対策である局所排気装置、プッシュプル型換気装置及び全体換気装置の概要については、参考資料１に概説する。

1．2　病理組織検査室におけるホルムアルデヒドに係る作業環境の現状

本節では、いくつかの動物実験施設を訪問して、個々の施設における病理組織検査室におけるホルムアルデヒドに係る作業環境改善の現状、問題点、効果的な対策を把握し、必要な濃度低減対策及び改善例として、他の病理組織検査室にも適用できるようにまとめた。

病理組織検査室において組織標本を作り上げるには、特別の場合を除いて、一般に図 1.1 に示す過程を経て行われるものである。

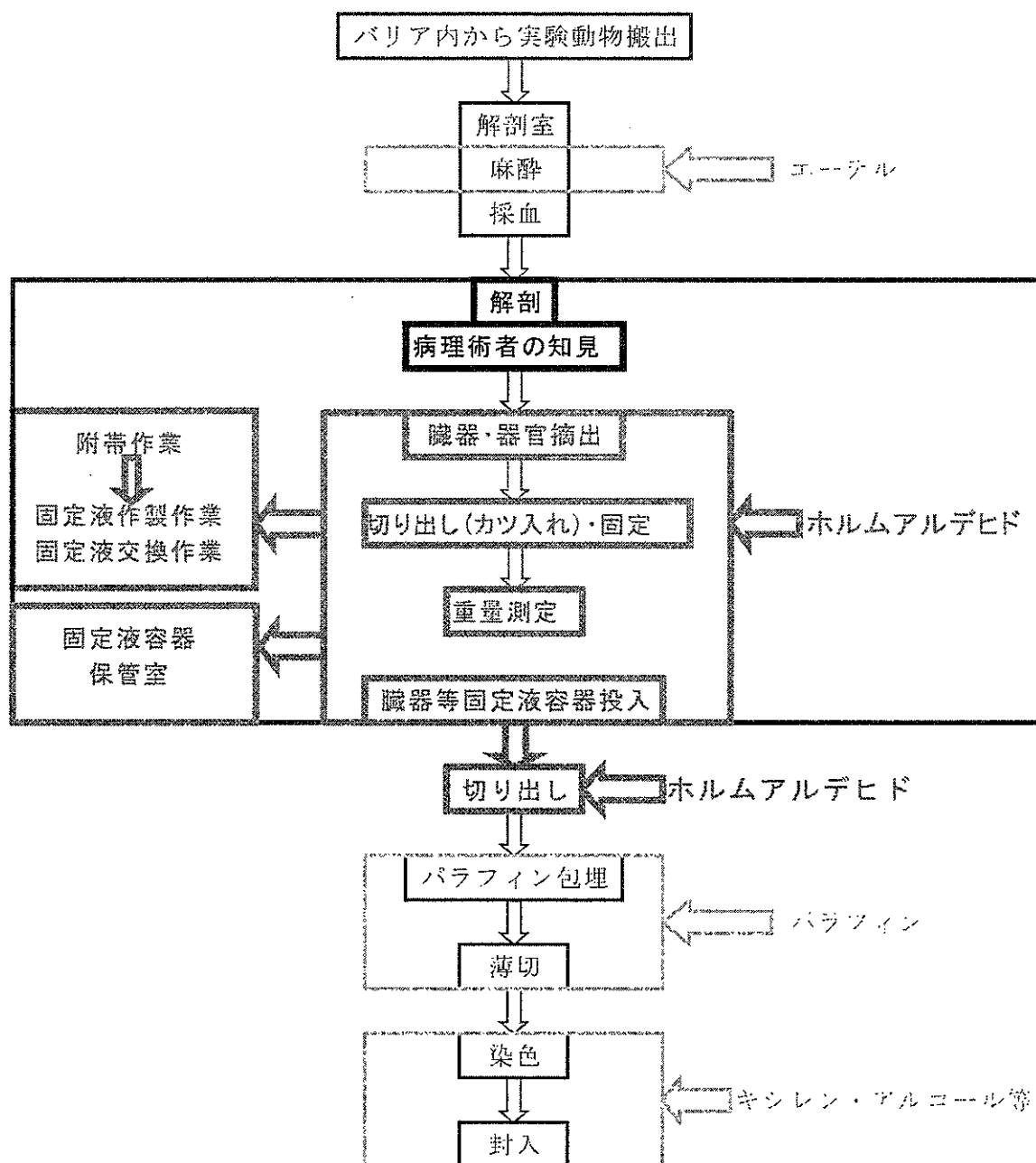



図 1.1　病理組織標本作製工程

図 1.1 に示すように、標本作製に当り、まず、バリア内から実験動物を解剖室へ搬入、ドラフトなどの内部でエーテルによる麻酔を行い、採血、解剖後、組織を適当な大きさに切り出し、各種の固定液でその組織片を固定してから、組織を薄く切るためにこれをパラフィンやセロイジンなどに包埋する。このようにしてできたものをミクロトームで薄切にする。次いで、パラフィン切片の場合には、載物ガラス（オブジェクトグラス、スライドグラス）に貼ってからキシレンなどでパラフィンを除き、染色にうつる。染色工程終了後、被覆ガラス（カバーグラス）をかけて封入剤で封入する。

以上の病理組織標本作製工程におけるホルムアルデヒドの発散状況は、図 1.1 に示すように、解剖 ⇨ 臓器・器官摘出 ⇨ 切り出し(カツ入れ)・固定 ⇨ 重量測定 ⇨ 固定 ⇨ 切り出しなどの工程が主な発散源である。また、図 1.1 に示す工程の附帯作業として、固定液作製作業、固定液交換作業及び保管室等でホルムアルデヒドの発散、すなわち、作業者へのばく露の可能性が考えられる。

そこで、病理組織標本作製工程の中で、ホルムアルデヒドの作業者へのばく露の可能性がある解剖室、切り出し及び附帯作業等に対する作業環境の現状、問題点、効果的な対策を把握し、必要な濃度低減対策及び改善例を以下に示す。

1.2.1 解剖室作業

作業の概要：

今回の調査対象であるほとんどの動物実験施設では、実験動物の解剖に当り、まず、ドラフトチャンバーなどの内部における透明ガラス製デシケータ内でエーテルによる麻酔が行われる。次いで、解剖台において採血、解剖が行われた後、病理術者による所見が行われる。その後、十人前後の病理実験者により、臓器によっては水洗い後、臓器別に区分された容器に並べられる。また、臓器によっては、容器に並べる前に注射器により 10%のホルマリン固定液（ホルマリン原液 35% 1 容、水 9 容の割合）を臓器内に注入して固定する。最後の工程として、各臓器は計量が行われ、およそ 300cc の固定液の入った容器に移され、数分間振とう器にかけられる。

以上の解剖室作業において、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、動物実験施設によって多少の差異はあるが、全般的に(0.03～2.0)ppm であった。特に、臓器内への注射器による固定液の注入時、各臓器等の計量時等には、ホルムアルデヒド濃度が(1.0～2.0)ppm と高い値であることが判明した。

1) 動物実験施設 A

動物実験施設 A では、解剖、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)・固定、臓器等固定液容器投入作業等及び切り出し作業と固定液交換作業に対して外付け式ルーバ型フード系

統 1 と外付け式ルーバ型フード系統 2（写真 1.1）が用いられている。この施設 A では、解剖術者は 1 名及び固定液交換と切り出し作業者は 1 名により、それぞれ作業が行われていた。解剖術者の呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は 0.6ppm であり、固定液交換と切り出し術者の呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は 1.0ppm であった。

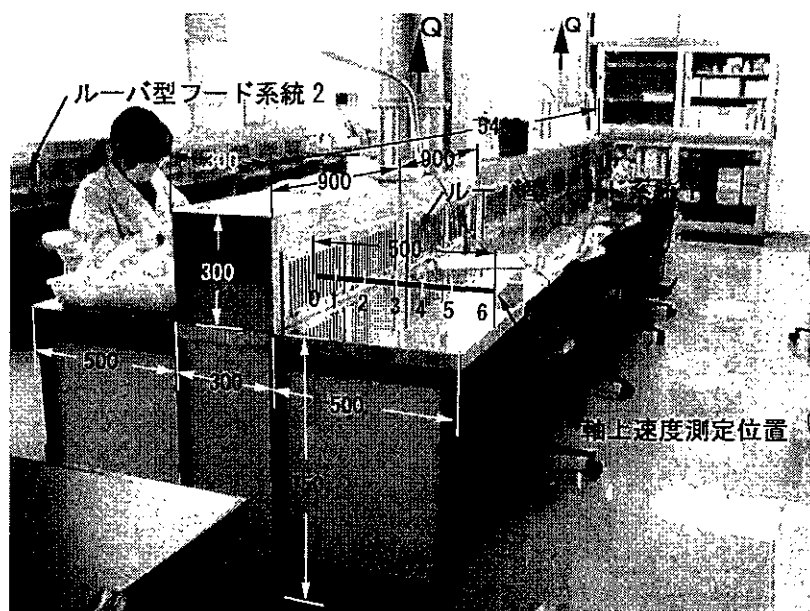



写真 1.1　外付け式ルーバ型フード系統 1、2（解剖、固定液交換、切り出し等作業）

(1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設 A では、解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定、臓器等固定容器投入作業等及び切り出し作業と固定液交換作業に対してテーブル上に設けられた外付け式ルーバ型フードが用いられている。写真 1.1 に示すように、12 人の病理実験者が使用可能なように、12 台のテーブル上にそれぞれ外付け式ルーバ型フード系統 1(12 台のルーバ型フード)が設置されている。また、外付け式ルーバ型フード系統 2 には、4 人の病理実験者が使用できるように 4 台のテーブル上にそれぞれ外付け式ルーバ型フードが設けられている。

そこで、まず、外付け式ルーバ型フード系統 1 に対する各ルーバ型フードの吸引状態の観察を行った。フードの吸引状態の観察には、スモークテスターを用いた。ルーバ型フードの開口部近傍での発煙管からのスモークは、各ルーバ型フードの開口部近傍では吸引されたが、ルーバ開口部から軸上距離が大きくなる（離れる）とともにスモークはほとんど吸引することができなかった。

次いで、ルーバ型フード 12 台の中から 1 台を選定して、フードの吸・排気性能測定を行った。その結果、各ルーバ開口面平均風速は、(0.55～0.69)m/s の範囲であることがわかった。また、ルーバ型フード（開口面風速の測定を行ったルーバ型フード）の軸上速度の

測定を行った結果を表 1.1 に示す。(注：ルーバ型フードの選定理由として、12 台のフードに対するルーバ開口面風速チェックの結果、ほぼ近似値であることを確認済みである)

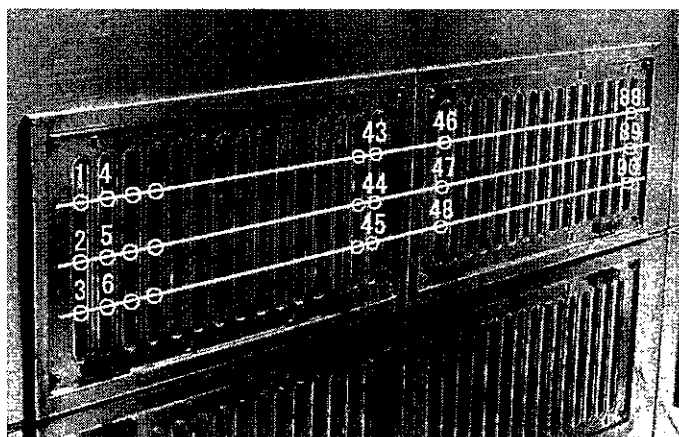



写真 1.2　外付け式ルーバ型フード系統 1 のルーバ型フード開口面速度の測定位置

各ルーバ型フードのルーバ開口面平均風速に関する測定結果は、(0.55～0.69)m/s の範囲であり、ルーバ開口面平均風速はルーバ開口面ごとにかなり近似値であることがわかった。しかし、すべてのルーバ開口面風速の値が 1 桁ほど小さいことの問題点も合わせて判明した。また、表 1-1 に示されるように、外付け式フードの捕捉点（フード開口面から最も離れた作業位置「開口面から 200mm～500mm」）における制御風速の測定結果は、(0.02～0.06)m/s であり、特化則で示される制御風速（0.5m/s）を満足していないことの問題点もわかった。

表 1.1　外付け式ルーバ型フード系統 1 のルーバ型フード軸上速度と軸上距離との関係

	軸上距離 X(mm)	軸上速度(m/s)
1	0（開口面）	0.63
2	100	0.10
3	200	0.06 ↑
4	300	0.05 ↕ 作業位置
5	400	0.03
6	500	0.02 ↓

次に、外付け式ルーバ型フード系統 2 に対するルーバ型フードの吸込み状態のチェックを行った結果、スモークテスターの煙が全く吸引されなかった。そこで、その原因を把握するために、送風機設置場所である屋上へ出向き、送風機に対する点検を行った結果、ファンベルトの破損が確認された。したがって、モータは回転していたが、ファンは停止状

態であることの問題点も判明した。

(2) 作業環境改善対策

解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定、臓器等固定液容器投入作業等及び切り出し作業と固定液交換作業に用いられている外付け式ルーバ型フード系統１のルーバ型フードのルーバ開口面平均風速及びルーバ型フードの軸上速度（捕捉点近傍の風速）等の測定結果、いずれもかなり小さく、風量不足であることが判明した。したがって、ルーバ型フードの排気風量の増加が望まれる。

そこで、このルーバ型フードの適切な排気風量の計算を以下に示す。

このルーバ型フードは、テーブル上に設置されたフランジ付外付け式フード（写真 1.1）であり、排気風量は、$Q=0.5\times60(10X^2+A)Vc$ なる式を用いて求めることができる。今回の調査では、この式中、X は捕捉点（X=350mm 作業位置「写真 1.1、表 1.1 参照」）、A はルーバ開口面（A=幅 0.01×長さ 0.135×15 個＝$0.02m^2$）、Vc は制御風速（Vc=0.5m/s「特化則」）等であり、これらの値を用いて、$Q=0.5\times60(10\times0.35^2+0.02)0.5=18.7m^3/min$ となる。この計算結果から、ルーバ型フード１台の排気風量は、$Q=18.7m^3/min$ 程度を確保することにより排気制御効果が得られるものと推察される。

次に、外付け式ルーバ型フード系統 2 のルーバ型フードの排気効果を高めるためには、新しいファンベルトに取りかえることが望まれる。新しいファンベルトの取りかえ後は、外付け式ルーバ型フード系統２のルーバ型フードの吸込み状態をスモークテスターによりチェックを行い、外付け式ルーバ型フードの吸・排気性能評価を行うことが重要である。これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料２に示すように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

2) 動物実験施設 B

動物実験施設Ｂでは、解剖、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)・固定等作業に対して一体型の囲い式ブース型フード６台が互いに背を向けて、合計 12 台のブース型フードが用いられているが、解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業は、換気設備のない場所で行われている。したがって、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、(0.5～2.0)ppm と比較的高値であった。ブース型フードは、12 台すべてが稼動されており、その内、6 台の囲い式ブース型フードが使用されていた。術者、及び関係者は約 10 名である。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設Bでは、解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ)、固定等作業等に対してテーブル上に設けられた囲い式ブース型フードが用いられており、写真1.3に示すように、12人の術者が使用可能なように、12台のテーブル上にそれぞれ囲い式ブース型フード（写真1.3）が設置されている。

そこで、まず、スモークテスターによるフードの吸引状態のチェックを行った結果、囲い式ブース型フードの開口部近傍での発煙管からのスモークは、すべての囲い式フードの開口へほとんど吸引されない問題点がある。また、写真1.3に示すように、12台ある囲い式ブース型フードの中から、2台のフードについての吸・排気性能測定を行った。その測定結果を表1.2に示す。

表1.2に示されるように、囲い式ブース型フードの開口面風速値は、特化則で示される制御風速(0.5m/s)を満足していないことは勿論、この実測値では、囲い式ブース型フードの排気制御効果は全く期待することができない。さらに、すべての解剖術者の作業形態は、囲い式ブース型フードの囲いの中で作業がなされていない問題点も示唆したい。この事実は、囲い式フードの囲いがテーブル全体を囲っていない理由によるものであり、フードの設計自体に問題点がある。さらに、解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業に対する換気設備が設けられていない問題点もある。したがって、囲い式フードの改善及び囲い式ブース型フードの開口面風速の確保をするための排気風量の増加、並びに解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入等作業に対する適切な換気設備の設置が望まれる。さらには、解剖術者への労働衛生教育、特に衛生工学衛生管理者教育の徹底が望まれる。

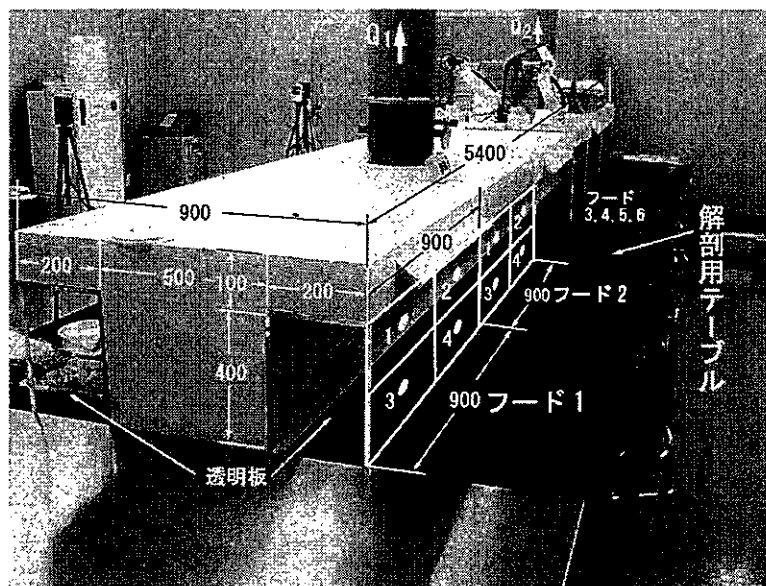



写真1.3　囲い式ブース型フード1、2の開口面風速測定位置

表 1.2　囲い式ブース型フード 1、2 の開口面風速分布

測定位置	フード 1 の開口面風速	フード 2 の開口面風速
1	0.04(m/s)	0.06(m/s)
2	0.02	0.10
3	0.03	0.08
4	0.03	0.09

(2) 作業環境改善対策

解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ)、固定等作業に対して用いられている囲い式ブース型フード 1、2 の開口面風速の測定結果、表 1.2 に示されるように、いずれもかなり小さく、風量不足であることが判明した。したがって、囲い式ブース型フードの排気風量の増加が望まれる。しかし、この囲い式ブース型フードの囲いの構造は、写真 1-3 に示すように、解剖用テーブル（机）の約 1/3 ほどの囲いであり、その結果、すべての解剖術者は囲いの外で作業をしているのが現況である。それゆえ、現状の囲い式ブース型フードの排気風量を増加しても、解剖、切り出し(カツ入れ)及び固定作業等から発散するホルムアルデヒドの排気制御効果を得ることが不可能と考えられる。

そこで、この施設 B の場合、解剖、切り出し(カツ入れ)及び固定作業等に対する換気設備の再計画が望まれる。また、解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業に対する適切な換気設備の設置も望まれる。これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料 2 に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

3) 動物実験施設 C

動物実験施設 C では、解剖、病理術者の知見、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)・固定、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業等に対するホルムアルデヒドばく露防止対策はなされていない。したがって、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、(0.7～2.0)ppm と比較的高値であった。術者及び関係者は約 11 名である。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設 C では、解剖用テーブル上に新聞紙を敷き、その上で解剖、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)等作業が行われている。解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業等は、勿論換気設備のない場所で行われている。ホルムアルデヒドばく露防止対策が全くされていないため、解剖室内のホルムアルデヒド濃度が発散源近傍では高く、目がしみることも時々感じられる。術者らは、どの動物実験施設でも使用している簡易マスク、ゴム手袋等によりばく露防止に努めている。

しかし、解剖室に係るどの作業においてもホルムアルデヒド濃度が厚生労働省の示すガイドラインの許容値 0.25ppm をはるかに超えていた。したがって、ホルムアルデヒドばく露防止のための効果的な作業環境改善対策が急務である。

(2) 作業環境改善対策

この施設Cの場合、解剖、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)、重量測定及び固定作業等に対する換気設備の計画が望まれる。これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料2に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

4) 動物実験施設D

動物実験施設Dでは、麻酔、解剖、病理術者の所見、臓器・器官摘出、切り出し(カツ入れ)・固定、重量測定、臓器等固定液容器投入等作業及び切り出し作業や固定液交換作業に対してテーブル一体型の囲い式ブース型下方吸引グリルフード（写真 1.4、1.5）6台が互いに背を向け、合計 12 台のブース型フードが用いられている。術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、(0.05～0.10)ppm であり、厚生労働省の示すガイドラインの許容値 0.25ppm 以内であった。術者及び関係者は約 10 名である。

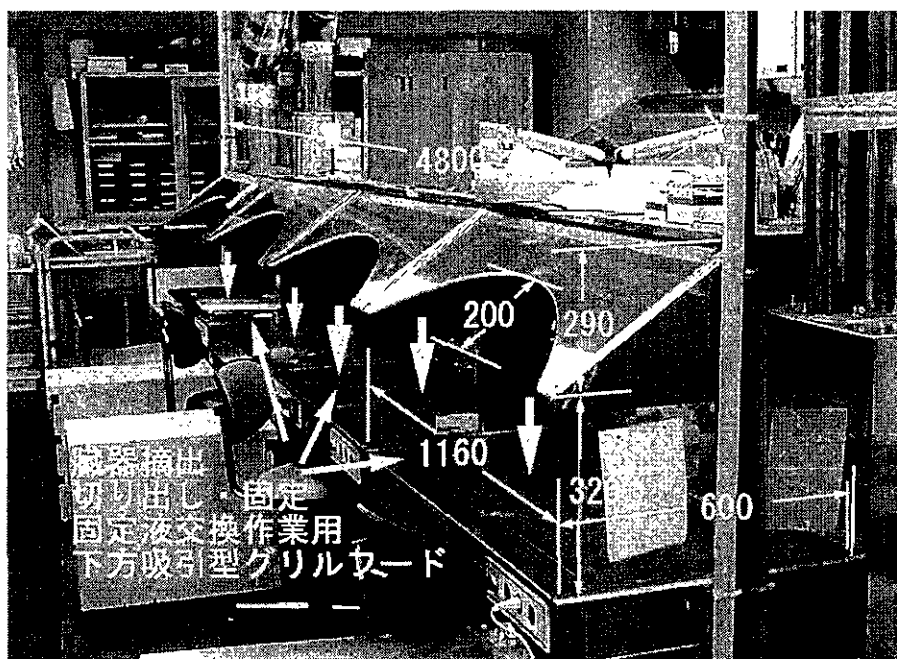



写真 1.4　麻酔・解剖作業に用いられている囲い式ブース型下方吸引グリルフード

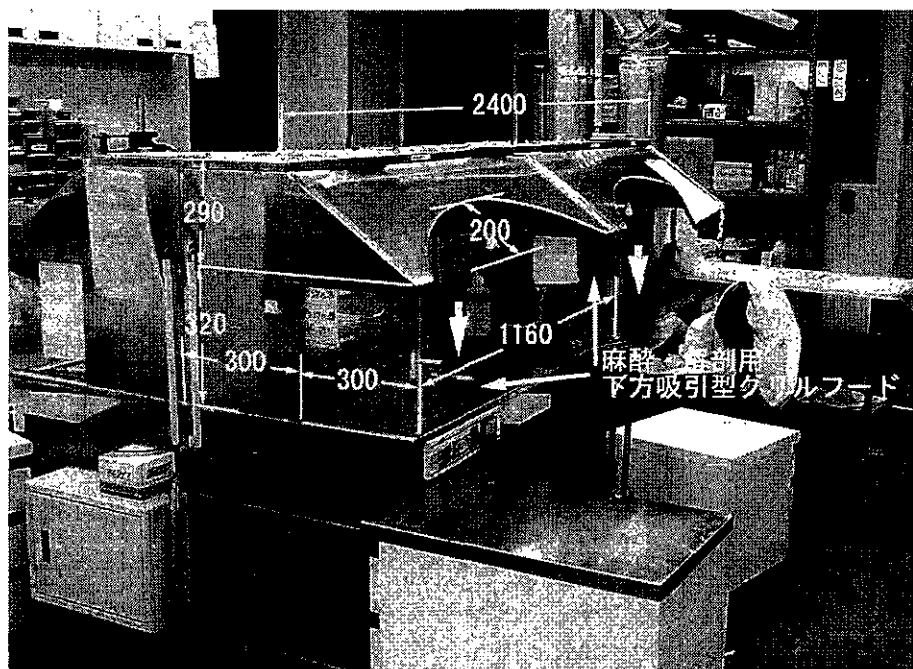



写真 1.5　臓器・器官摘出、切り出し、固定液交換作業等に用いられている
囲い式ブース型下方吸引グリルフード

1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設 D では、麻酔、解剖、病理術者の所見、臓器摘出、切り出し(カツ入れ)・固定、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業等と切り出し作業や固定液交換作業に対してテーブル一体型の囲い式ブース型下方吸引グリルフードが用いられている。写真 1.4、写真 1.5 に示すように、12 人の術者が使用可能なように、12 台のテーブル一体型のブース型フードが設置されている。

そこで、まず、この 12 台のブース型下方吸引グリルフードの吸引状態をスモークテスターによりチェックを行った結果、すべてのブース型フードの吸引状態は良好であることが判明した。

次いで、12 台のブース型フードの中から 1 台のフードを選定して、そのフードの開口面風速分布を測定した。フードの開口面風速の測定位置は、図 1.2 に示す。また、フードの開口面風速分布の測定結果は表 1.3 に示す。(注：ブース型フードの選定理由として、12 台のフードに対するブース型フードの開口面風速チェックの結果、ほぼ近似値であることの確認済みである)

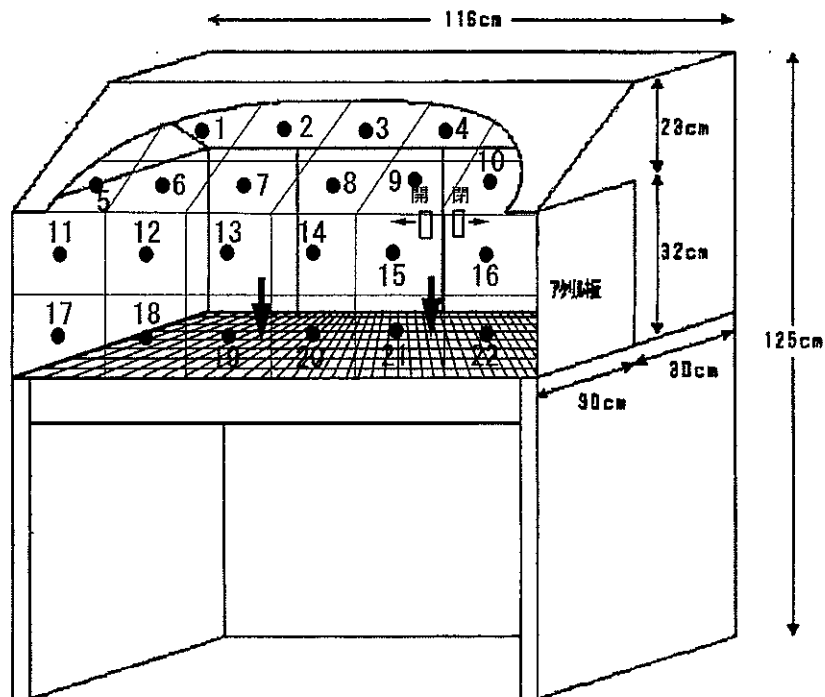



図 1.2　囲い式ブース型下方吸引グリルフードの開口面風速分布測定位置

表 1.3 に示されるように、ブース型フードの開口面風速は、(0.19～0.58) m/s の範囲であり、最小値と最大値にかなりの差異があることの問題点が見られた。特に、フード開口面の測定点 1～10 における平均風速が 0.26m/s と小さかった理由として２つの事柄が考えられる。一つは、下方吸引グリル面と測定点 1～10 の開口面との距離が離れていること。もう一つは、測定点 1～10 の開口面が下方吸引グリル面に対して角度を有するなどによるものと推察される。一方、フード開口面の測定点 11～22 における平均風速は 0.42m/s となり、かなりの均一性（表 1.3）が認められた。術者の作業位置は、常に、測定点 11～22 の開口面内部のグリル面上で行われている関係、術者へのホルムアルデヒドばく露濃度は、厚生労働省の示すガイドラインの許容値 0.25ppm 以下の（0.05～0.10）ppm であった。

また、他の動物実験施設等に比べると、排気制御効果は優れているが、外部からの供給空気の取り込みなどが考えられてなく、その結果、病理検査室出入口扉からの空気流入などがあり、病理検査室内の空調（冷暖房）や外乱気流としての問題も否定できない。

表 1.3　囲い式ブース型下方吸引グリルフードの開口面風速分布

測定位置	開口面風速(m/s)	測定位置	開口面風速(m/s)
1	0.26	11	0.32
2	0.30	12	0.32
3	0.25	13	0.29
4	0.27	14	0.32
5	0.32	15	0.39
6	0.19	16	0.31
7	0.23	17	0.40
8	0.25	18	0.60
9	0.21	19	0.56
10	0.21	20	0.58
11	0.32	21	0.45
		22	0.44
平均風速=0.26m/s		平均風速=0.42m/s	
全平均風速=0.34m/s			

(2) 作業環境改善対策

今回の調査対象である動物実験施設の中では、最も排気制御効果の高い換気設備が設置されている。この施設に設置されている囲い式ブース型下方吸引グリルフードの開口面風速の測定結果を考察すると、フードの開口面平均風速の測定結果は、0.34m/s であり、特化則による制御風速の 0.5m/s に対して、かなり小さな開口面風速でも排気制御効果が得られている。この事実は、特化則による制御風速が満足されてなくても十分に排気制御効果が得られていることになる。しかし、術者の作業性を考えると、囲い式ブース型下方吸引フードは、術者の作業性がかなり工夫されたフードではあるが、周りが囲われていることによる作業性が好ましくなく、作業能率の低下が考えられる。したがって、作業性、排気制御効果、及び排気風量などの点から、参考資料 2 に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

5) 動物実験施設Ｅ

動物実験施設Ｅでは、解剖、病理術者の知見、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業等に対するホルムアルデヒドばく露防止対策はなされていない。したがって、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒドの濃度は、(0.3〜1.0)ppm であった。術者及び関係者は約 16 名である。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設Ｅでは、解剖用テーブル上に白紙を敷き、その上で解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）等作業が行われている。解剖後の病理術者の所見、重量測定及び臓器等固定液容器投入作業等に対するホルムアルデヒドばく露防止対策が全くされていないため、解剖室内のホルムアルデヒド濃度が発散源近傍では高く、目がしみることも時々感じられる。術者らは、どの動物実験施設でも使用している簡易マスク、ゴム手袋等によりばく露防止に努めている。

しかし、解剖に係るどの作業においてもホルムアルデヒド濃度が厚生労働省の示すガイドラインの許容値 0.25ppm をはるかに超えていた。したがって、ホルムアルデヒドばく露防止のための効果的な作業環境改善対策が急務である。

(3) 作業環境改善対策

この施設Ｅの場合、解剖、病理術者の知見、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定、重量測定及び臓器等固定液投入作業等に対する換気設備の計画が望まれる。その改善対策の計画案として、参考資料２に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

1.2.2 切り出し作業

作業の概要：

解剖室における麻酔、採血、解剖、解剖後の病理術者の所見、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定、重量測定及び臓器等固定液容器内投入等作業後、臓器等固定液容器は、保管室に所定の期間保管される。

次いで、病理組織標本の作製にあたり、切り出す組織及び臓器は、ときによって異なり、肉眼的に変化の認められる部位を特別に切り出すことはもちろんであるが、普通は各臓器よりそれぞれ1、2個を切り出すことになっている。また、二つ以上を切り出すときには形を変えるようにしておくと標本を作製してからその部位を決定するのに便利である。

今回の調査では、固定された臓器等の切り出し作業において、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、動物実験施設によって多少の差異はあるが、全般的に（0.04～1.0）ppm であった。また、大物の臓器等の切り出し作業では、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度も 2.0ppm と高い値であることがわかった。

1) 動物実験施設 A

施設 A の切り出し作業には、写真 1.1 に示されるように、解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）・固定等作業に使用されている外付け式ルーバ型フード系統 1 の同一ルーバ型フードが用いられている。この調査では、切り出し作業者は 1 名である。術者の呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は（0.6～1.0）ppm であった。また、切り出し作業は、解剖室作業で用いている同一フードが用いられている関係上、ホルムアルデヒド発散状況、作業形態等にはほとんど差異が見られない。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

作業環境改善の現状と問題点については、1.2.1 解剖室作業、1) 動物実験施設 A の項目における作業環境改善の現状と問題点を参照。

(2) 作業環境改善対策：

作業環境改善対策については、1.2.1 解剖室作業、1) 動物実験施設 A の項目の作業環境改善対策を参照。

2) 動物実験施設 B

施設 B の切り出し作業には、解剖室で用いられている囲い式フードとは異なり、病理室に設けられている囲い式フード（写真 1-6）が用いられている。切り出し作業者は、作業時間に差異があったが、3 名の術者である。術者の呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は（0.1～0.5）ppm であった。

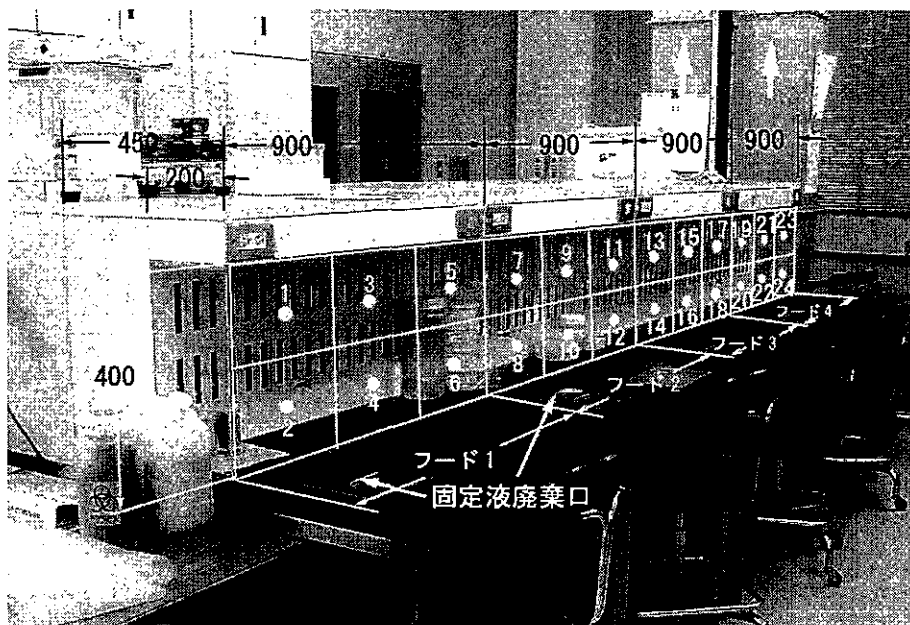



写真 1.6　切り出し作業及び固定液交換作業等に用いられる囲い式フード

(1) 作業環境の改善の現状と問題点

施設 B の切り出し作業用囲い式フードの構造は、解剖室で使用されているフード（写真 1-3）の方式と同一であり、写真 1.6 に示すように、8 名の術者が使用可能のように、対面式による 8 台の囲い式フードが設置されている。また、固定液交換作業もできるように、テーブルの隅に固定液を廃棄する廃液口が設けられている。

そこで、まず、スモークテスターによるフードの吸引状態のチェックを行った結果、囲い式ブース型フードの開口部近傍での発煙管からのスモークは、囲い式フードの開口部へすべてが吸引された。また、写真 1.6 に示すように、8 台ある囲い式ブース型フードの中から、4 台のフードについての吸・排気性能測定を行った。その測定結果を表 1.4-A 及び表 1.4-B に示す。表 1.4-A 及び表 1.4-B に示されるように、囲い式ブース型フード 1、2、3 及び 4 の開口面平均風速値(Va_1=0.31, Va_2=0.36, Va_3=0.35, Va_4=0.40)m/s は、特化則で示される制御風速(0.5m/s)を満足していないが、動物実験施設 D の解剖作業で示した囲い式ブース型下方吸引グリルフードの開口面平均風速(Va=0.34)m/s とほぼ同じ値を示した。

しかし、動物実験施設 D では、高い排気制御効果が得られているのにもかかわらず、本施設 B では、切り出し作業者呼吸域のホルムアルデヒド濃度は（0.1～0.5）ppm であり、この方式の囲い式ブース型フードの排気制御効果は全く期待することができない。その理由として、施設 B の解剖室作業でも述べたように、すべての切り出し術者の作業形態は、囲い式ブース型フードの囲いの中で作業がなされていない問題点が示唆される。

この事実は、囲い式フードの囲いがテーブル全体を囲っていない理由によるものであり、フードの設計自体に問題点がある。

表 1.4-A　囲い式ブースフード 1、2 の開口面風速分布

測定位置	フード 1 の開口面風速(m/s)	測定位置	フード 2 の開口面風速(m/s)
1	0.18	1	0.31
2	0.31	2	0.36
3	0.39	3	0.39
4	0.23	4	0.31
5	0.37	5	0.33
6	0.37	6	0.43
平均風速	0.31	**平均風速**	0.36

表 1.4-B　囲い式ブースフード 1、2 の開口面風速分布

測定位置	フード 3 の開口面風速(m/s)	測定位置	フード 4 の開口面風速(m/s)
1	0.39	1	0.36
2	0.29	2	0.39
3	0.45	3	0.45
4	0.34	4	0.35
5	0.21	5	0.39
6	0.40	6	0.45
平均風速	0.35	**平均風速**	0.40

(2) 作業環境改善対策

切り出し及び固定液交換作業に対して用いられている囲い式ブース型フード 1、2、3、4 等の開口面風速の測定結果、表 1.4-A 及び表 1.4-B に示されるように、ブース型フードの開口面風速は、十分といえる値ではないが、動物実験施設 D の解剖作業で示したブース型フードの開口面風速に近似していることから、フードの排気制御効果が得られるはずと考えられるが、その効果は得られなかった。したがって、囲い式ブース型フードの構造を見直す必要が望まれる。この囲い式ブース型フードの囲いの構造は、写真 1.6 に示すように、切り出し作業用テーブル（机）の約 1/3 ほどの囲いであり、その結果、すべての切り出し術者は囲いの外で作業をしているのが現況である。それゆえ、現状の囲い式ブース型フードの排気風量を増加しても、切り出し及び固定液交換作業等から発散するホルムアルデヒドの排気制御効果を得ることが不可能と考えられる。

そこで、この施設 B の場合の切り出し及び固定液作業等に対する換気設備の再計画が望

まれる。また、これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料2に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

3) 動物実験施設C

施設Cの切り出し作業には、図1.3及び図1.4に示されるように、病理室に設けられているスロット型フードⅠが4台（4人用）及び切り出し室に設けられているスロット型フードⅡが4台（4人用）が用いられている。今回の調査では、切り出し作業が行われていなかったが、スロット型フードⅠ（2台）、Ⅱ（2台）の吸込み流動特性（スロット開口面速度・スロットフードの軸上速度）の測定を行った。

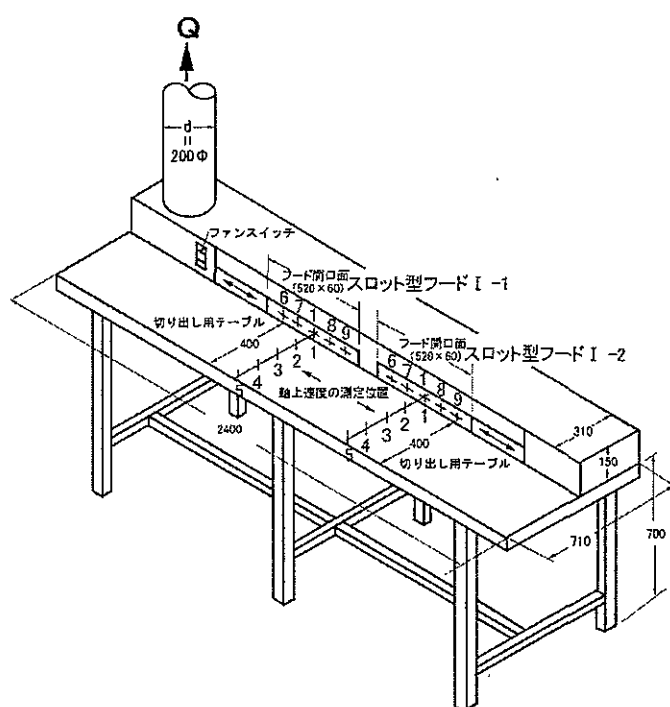
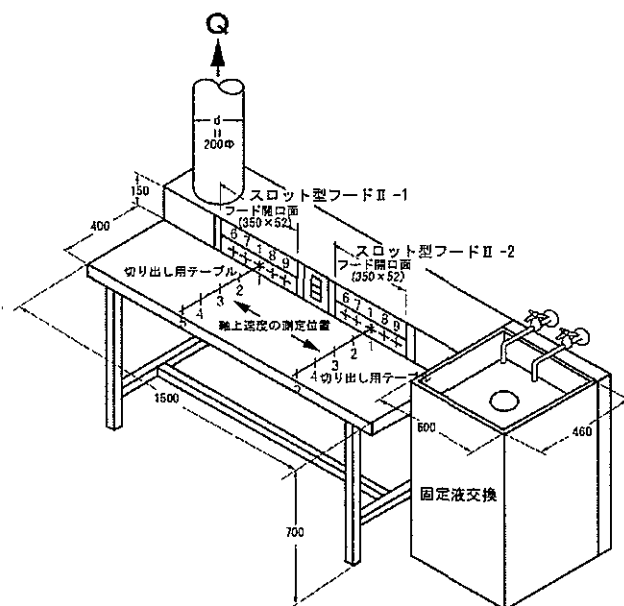



図1.3　スロット型フードⅠ(1,2)　　　図1.4　スロット型フードⅡ(1,2)

(1) 作業環境改善の現状と問題点

施設Cにおける切り出し作業は、基本的には切り出し室に設置されているスロット型フードⅡ（4台）を用いて行われるが、時には病理室のスロット型フードⅠ（4台）を用いて行われることもある。そこで、まず、スロット型フードⅠ及びⅡの作業位置におけるス

モークテスターによる吸引状態の観察を行った。スロット型フードⅡの作業位置におけるスモークの吸引状態の確認はできたが、スロット型フードⅠの作業位置におけるスモークの吸引状態の確認はできなかった。

次いで、切り出し室の2台のスロット型フードと病理室の2台のスロット型フードに関する開口面風速及び軸上速度分布の測定を行った。表1.5及び表1.6に、開口面風速及び軸上速度の測定結果をそれぞれ示す。

まず、表1.5に示されるように、スロット型フードⅠ-1の開口面風速には、かなりのバラツキが見られ、また、スロット型フードⅠ-1及びスロット型フードⅠ-2の開口面平均風速（V_{aI-1}=2.45m/s, V_{aI-2}=1.92m/s）にも差異が見られた。一方、軸上速度は、切り出しテーブル上に設けられてスロット型フードⅠ-1及びⅠ-2に対して、ほぼ一致していることが認められた。しかし、表1.5に示されるように、切り出し作業位置における軸上速度は、(0.08～0.41)m/sと特化則による制御風速0.5m/sを満足していないこともわかった。

次いで、表1.6に示されるように、スロット型フードⅡの開口面風速には、かなりのバラツキが見られ、また、スロット型フードⅡ-1及びスロット型フードⅡ-2の開口面平均風速（V_{aII-1}=4.78m/s, V_{aII-2}=5.31m/s）にも差異が見られた。一方、軸上速度は、切り出しテーブル上に設けられてスロット型フードⅡ-1及びⅡ-2に対して、ほぼ一致していることが認められた。しかし、表1.6に示されるように、切り出し作業位置における軸上速度は、(0.17～0.54)m/sと作業位置によっては特化則による制御風速0.5m/sを満足しているところと満足していないところの問題点もわかった。

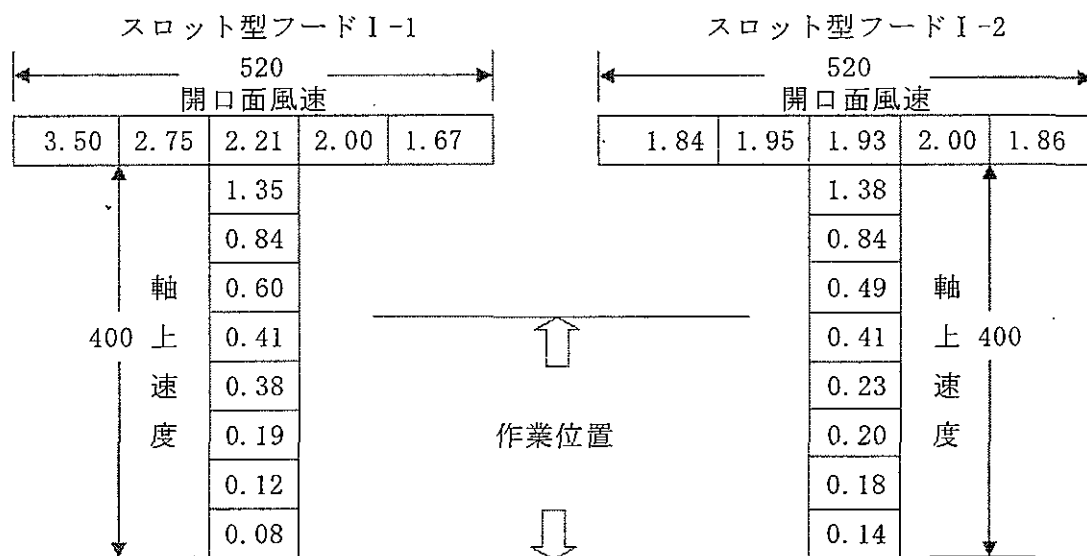



表1.5　スロット型フードⅠの開口面風速と軸上速度分布

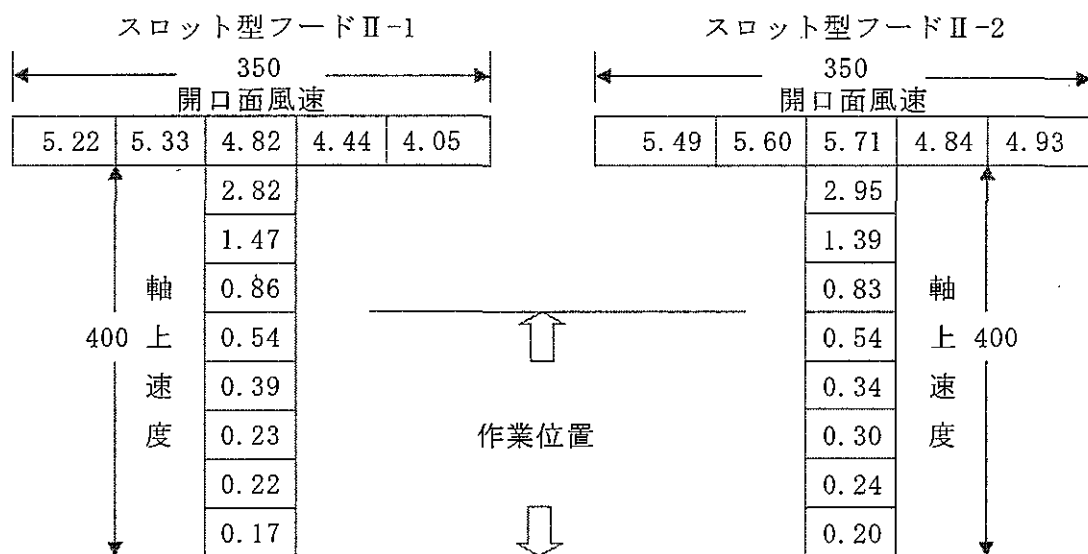



表 1.6　スロット型フードⅡの開口面風速と軸上速度分布

(2) 作業環境改善対策

表 1.5 及び表 1.6 より、スロット型フードの作業位置における軸上速度は、特化則による制御風速を満足していなかった。そこで、スロット型フードの開口面風速及び軸上速度の測定結果から、現状のスロット型フードの排気風量を計算により求めた。

まず、表 1.5、表 1.6 に示される開口面風速値から開口面平均風速を計算し、スロット型フードⅠの排気風量、$Q_{I-1}=60\times0.52\times0.06\times2.43=4.55m^3/min$、$Q_{I-2}=60\times0.52\times0.06\times1.92=3.59m^3/min$ となり、また、スロット型フードⅡの排気風量、$Q_{II-1}=60\times0.35\times0.052\times4.77=5.21m^3/min$、$Q_{II-2}=60\times0.35\times0.052\times5.31=5.80m^3/min$ となった。

一方、表 1.5、表 1.6 に示される軸上速度値からスロット型フードの捕捉点（フードの開口面から最も離れた作業位置「X=0.4m」）の軸上速度を用いて、スロット型フードⅠの排気風量、$Q_{I-1}=60\times0.52\times0.40\times0.08=1.0m^3/min$、$Q_{I-2}=60\times0.52\times0.40\times0.14=1.75m^3/min$ となり、また、スロット型フードⅡの排気風量、$Q_{II-1}=60\times0.35\times0.40\times0.17=1.43m^3/min$、$Q_{II-2}=60\times0.35\times0.40\times0.20=1.68m^3/min$ となった。

以上、スロット型フードⅠ、Ⅱの開口面平均風速と軸上速度の実測値から求めた排気風量には、かなりの差異が認められた。また、この軸上速度の捕捉点における実測値は、(0.08～0.20) m/s と特化則の制御風速 0.5m/s に比較すると 1/2 以下であり、実際に切り出し作業時に発散するホルムアルデヒドを完全に捕捉吸引することは不可能と推察する。

そこで、図 1.3、図 1.4 に示されるテーブル上に設けられたフランジ付き外付け式スロット型フードの適切な処理排気風量を以下に示す。

このスロット型フードは、テーブル上に設けられてフランジ付き外付け式フードであり、スロット型フードⅠの処理排気風量は、$Q_{I\text{-}1or2}=60\times1.6LXVc=60\times1.6\times0.52\times0.4\times0.5=9.98\fallingdotseq10m^3/min$ となり、また、スロット型フードⅡの処理排気風量は、$Q_{II\text{-}1or2}=60\times1.6LXVc=60\times1.6\times0.35\times0.5=16.8m^3/min$ となる。ここで、捕捉点（スロット開口面から最も離れた作業位置 X=0.4m)、制御速度Ｖｃは、特化則による制御風速 0.5m/s を用いた。

以上の処理排気風量の計算結果から、現状のスロット型フードの排気風量、$Q_{I\text{-}1or2}=(1.0\sim1.75)m^3/min$、及び$Q_{II\text{-}1or2}=(1.43\sim1.68)m^3/min$ から$Q_{I\text{-}1or2}=10m^3/min$、及び$Q_{II\text{-}1or2}=16.8m^3/min$ へと処理排気風量を増加することにより、既存のスロット型フードを用いて切り出し作業から発散するホルムアルデヒドの室内への拡散抑制が可能と思われる。

さらに、これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料 2 に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

4) 動物実験施設 D

施設 D の切り出し作業には、写真 1.4 及び写真 1.5 に示されるように、解剖室作業で使用されているテーブル一体型の囲い式ブース型下方吸引グリルフードが用いられていた。今回の調査では、切り出し作業は行われていなかったが、切り出し作業は、解剖室作業で用いている同一フード内で行われている関係上、ホルムアルデヒド発散状況、作業形態等にはほとんど差異が見られない。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

作業環境改善の現状と問題点については、1.2.1 解剖室作業、4) 動物実験施設 D の項目における作業環境改善の現状と問題点を参照。

(2) 作業環境改善対策

作業環境改善対策については、1.2.1 解剖室作業、4) 動物実験施設 D の項目の作業環境改善対策を参照。

5) 動物実験施設 E

実験動物施設 E では、切り出し作業及び固定液交換作業に対して、写真 1.7 に示されるように、5 台及び写真 1.7 に示されるフードの反対側に 4 台、合計 9 台の囲い式ブース型フードが用いられている。術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、0.04ppm であり、厚生労働省のガイドラインで示される濃度 0.25ppm 以内であった。切り出し術者 5 名及び関係者は 2 名の合計 7 名である。

写真 1.7　切り出し作業及び固定液交換作業等に用いられる囲い式ブース型フード

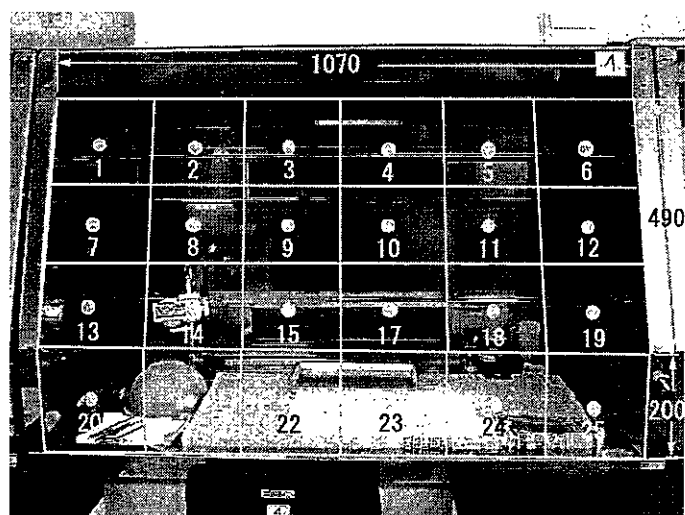



写真 1.8　囲い式ブース型フードの開口面風速分布測定位置

(1) 作業環境改善の現状と問題点

この施設Eでは、切り出し作業及び固定液交換作業に対して、囲い式ブース型フードが用いられている。まず、囲い式ブース型フードの開口面におけるスモークテスターによる吸引状態の観察を行った。スモークテスターによる吸引状態の観察では、すべての囲い式ブース型フードに対して、スモークはほぼ吸引されることが確認できた。

次いで、写真1.7に示す5台の囲い式ブース型フードの中からNo.4のフードの開口面風速分布を測定した。その測定結果を表1.7に示す。

表1.7　囲い式ブース型フードの開口面風速分布

測定位置	開口面風速(m/s)	測定位置	開口面風速(m/s)
1	0.07	14	0.10
2	0.08	15	0.08
3	0.06	16	0.10
4	0.09	17	0.09
5	0.10	18	0.08
6	0.08	19	0.12
7	0.06	20	0.21
8	0.05	21	0.18
9	0.06	22	0.18
10	0.07	23	0.20
11	0.07	24	0.17
12	0.05	25	0.18
13	0.09		
開口面平均風速＝0.11m/s			

表1.7より、囲い式ブース型フードの開口面下部（測定位置20～25）における風速は、(0.17～0.21)m/sであり、開口面風速分布の中でも最も高い風速値が示された。囲い式ブース型フードの開口面上部方向に向った傾斜開口面（測定位置1～19）における風速は、(0.07～0.12)m/sであり、開口面下部における風速値と比較すると、かなり小さい風速値であることの問題点も合わせて認められた。

(2) 作業環境改善対策

施設Eにおける囲い式ブース型フードは、施設Dで示した解剖室作業、切り出し作業及び固定液交換作業等に用いられている囲い式ブース型下方吸引グリルフードとほぼ同じタイプのフードである。したがって、開口面風速分布には、かなりの差異が認められているが、施設D、Eの解剖、切り出し作業等の作業形態を観察すると、いずれの施設においても、ブースの内部において作業が行われていることにより、特化則における制御風速が満たされていなくても十分に排気制御効果が得られている。

また、これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料2に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

1.2.3 付帯作業

動物実験施設における病理検査室の付帯作業として、固定液作製作業及び固定液交換作業等があり、これらの作業では、施設によっては解剖室作業及び切り出し作業に比べて、ホルムアルデヒドのばく露濃度がかなり高い場合もある状況下である。

1) 固定液作製作業

作業の概要：

固定とは、一般にたんぱく質の凝固作用を利用して、各種の薬剤によって生の組織を固めることであり、これにより臓器組織の諸成分の形態をなるべく生前と同じ状態にとめておくことである。実験動物施設では、ホルマリン固定液がより多く使用されており、一般には10%ホルマリン水が用いられている。この10%のホルマリン固定液（3.5%ホルムアルデヒド水溶液）の作製は、一般的に100ℓ単位で作製されているのが現状のようであり、したがって、ホルマリン原液（35%ホルムアルデヒド水溶液）1容、水9容の割合で作られる。以上の固定液作製作業において、術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、(0.15～4.5)ppmと非常に高い値であることが判明した。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

本調査では、施設B、C、D及びEの4ヶ所の施設で固定液作製設備が設置されていた。

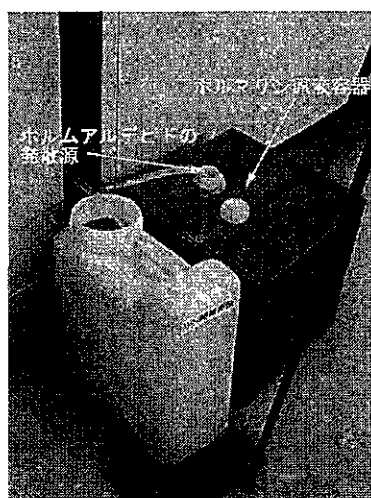



写真1.9　ホルマリン原液の容器への注入　写真1.10　固定液のポリタンクへの注入作業

（施設B

施設Bにおける固定液作製設備は、写真1-9及び写真1-10に示すように、固定液のポリタンクへの注入作業（写真1.10）に対して、ルーバ型フードが設けられていたが、スモークテスターによるルーバ開口部近傍の吸引状態は、ほとんど見られなかった。したがって、術者呼吸域のホルムアルデヒド濃度は(0.15～0.30)ppmであった。また、ホルマリン原液の容器への注入作業（写真 1.9）に対して、原液タンクの開口部近傍のホルムアルデヒド濃度は、4.5ppmと非常に高い値であった。

本調査当日は、施設Cにおける固定液作製作業は行われていなかったが、固定液作製方法は、写真1.11に示すように、施設Bの作製方法とほぼ同じ方法であることから、ホルムアルデヒドのばく露状況もほぼ同じく高い値と推察される。

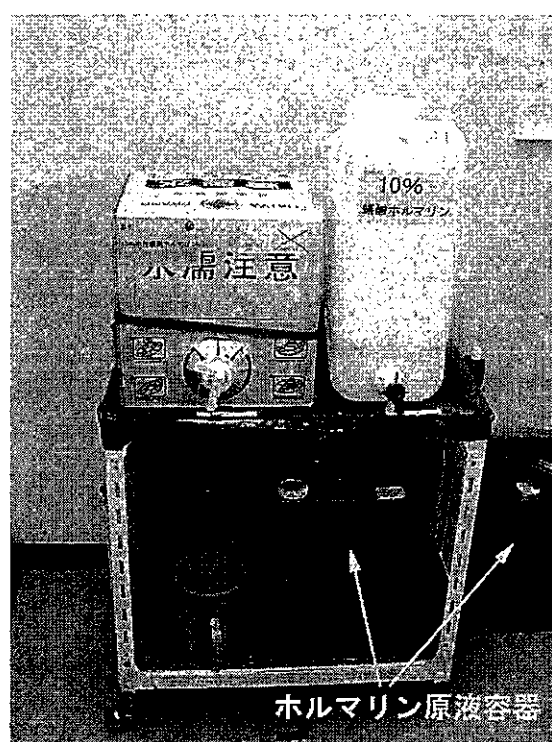



写真1.11　固定液作製設備（施設C）

施設Dにおける固定液作製は、写真1.12に示されるように、密閉系の自動方式による方法がとられており、したがって、固定液作製時のホルムアルデヒドばく露は全くないと思われるが、固定液作製設備の点検及び補修等に対して、ホルムアルデヒドのばく露に注意が必要と考える。固定液は、写真1-12に示される設備より密閉系の自動方式で作製され、写真1-13の囲い式ブース型フード内の保管タンクへポンプにより搬送される。この保管タンク内の固定液は、取っ手付きのビニール製ビーカに小分けして、臓器等固定容器へ注入する。このときの術者呼吸域のホルムアルデヒド濃度は、(0.05～0.1)ppmと厚生労働省のガイドラインで示される濃度0.25ppm以内であった。

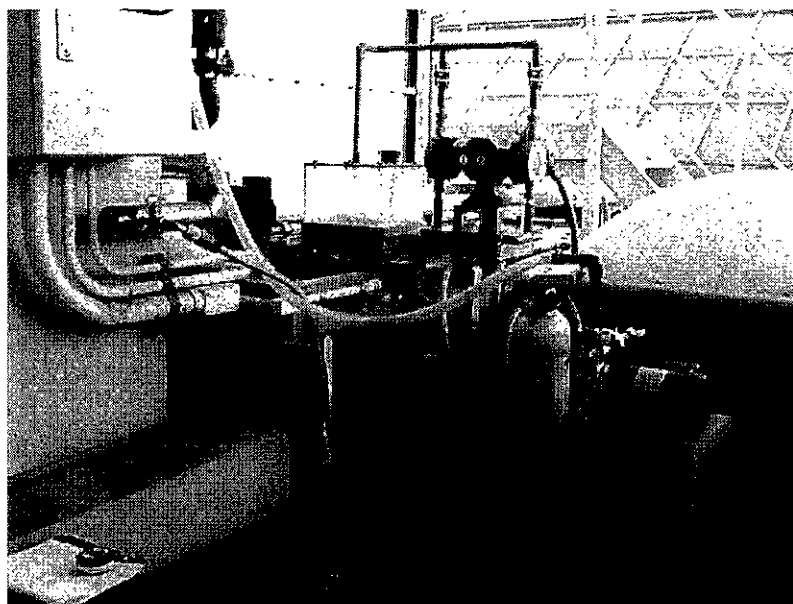



写真 1.12　自動固定液作製設備

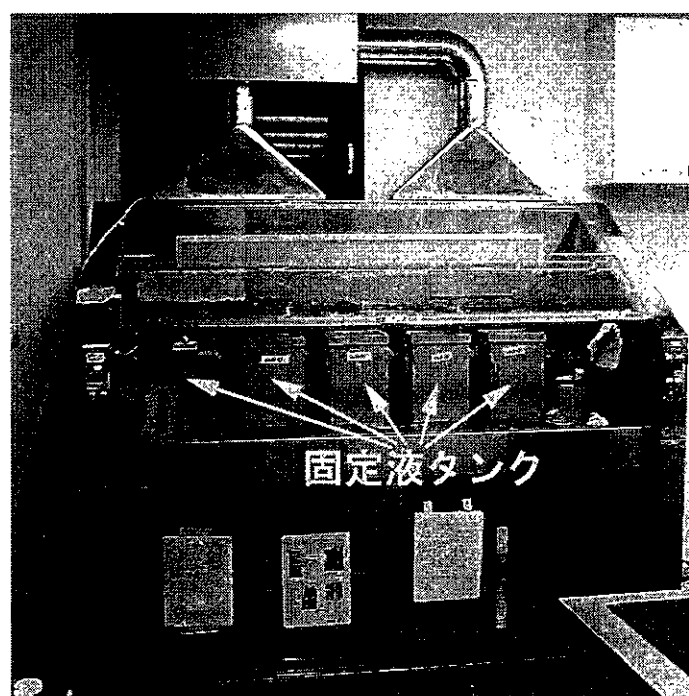



写真 1.13　ホルマリン固定液（10%）保管用囲い式ブース型フード

施設 E における固定液作製作業は、写真 1.14 に示すように、切り出し作業用囲い式ブース型フードと同じタイプのフード内で行われている。本調査当日は、固定液作製作業は

行われていなかったので、ホルムアルデヒド濃度の測定は実施しなかった。しかし、囲い式ブース型フードの下部に置かれた廃液タンクの注入ロロード上部のホルムアルデヒド濃度は、(0.4～1.0) ppm と厚生労働省のガイドラインで示される濃度 0.25ppm よりも高い値であることがわかった。

写真 1.14　囲い式ブース型フード内における固定液作製作業

(2) 作業環境改善対策

ホルマリン固定液作製作業は、施設 D の事例のように、密閉系の自動方式が最も適切と思われるが、施設 B、C の事例のように、全く対策がなされていない場合には、解剖室作業及び切り出し作業等から発散するホルムアルデヒド濃度に比較すると、4.5ppm とかなり高い値であることが判明した。したがって、施設 D の事例のように、密閉系の自動方式にすることが望まれるが、また、施設 E の事例のように、囲い式ブース型フード内における固定液作製作業も望まれるところである。しかし、施設 E における固定液作製作業が行われていなかったこともあり、囲い式ブース型フードの排気制御効果の確認ができなかった。

さらに、施設 E では、廃液タンクの注入ロロート部が常に開放されており、その開口部からのホルムアルデヒドの漏洩も否定できない。したがって、開放されている廃液タンクは、廃液注入後は必ず蓋をするか、ブースフード内に格納することが肝要である。

また、これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料 2 に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

2) 固定液交換作業

作業の概要：

固定時間は、組織片の大きさにもよるが、2～3mm ぐらいの厚さで、1～2cm 四方ぐらいのものならば、1～2 昼夜で十分のようであるが、動物実験施設によっては、固定液交換作業が時折行われる。固定液交換作業における術者らの呼吸域近傍のホルムアルデヒド濃度は、施設 A では(0.6～1.2)ppm であり、施設 B では(1.0～4.0)ppm と非常に高い値を示した。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

本調査当日は、施設 A 及び B の 2 ヶ所の施設で固定液交換作業が行われていた。

施設 A における固定液交換作業は、写真 1.1 示されるように、解剖作業及び切り出し作業用の外付け式ルーバ型フード I が用いられている。このフードの作業環境改善の現状と問題点は、1.2.1 解剖室作業の 1) 動物実験施設 A 項目における作業環境改善の現状と問題点を参照。また、施設 A における固定液交換作業は、写真 1.15 に示されるように、固定液容器から金網の受け皿に臓器等と固定液を一緒に移して、固定液は廃液タンクに保管され、臓器は新しい固定液容器へ再び移される。

施設 B における固定液交換作業は、写真 1.16 に示されるように、流し台の上に置かれた木枠で固定された目の細かな網の上部で固定液交換作業が行われていた。したがって、作業開始時では、ホルムアルデヒド濃度は 1.0ppm であったが、作業終了時の濃度は 4.0ppm と非常に高い値が示された。この理由として、ホルマリン固定液の廃液が流し一杯に広がり、その後に流しの排出口から徐々に廃液タンクへと流れることによるものと推察される。

写真 1.15　施設 A における固定液交換作業

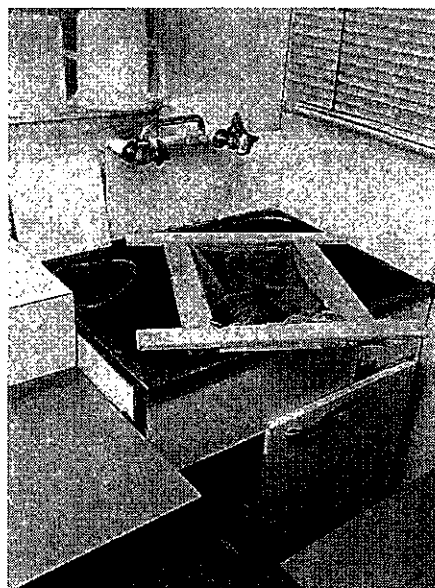



写真 1.16　施設 B における固定液交換作業

本調査当日は、施設C、D及びEにおける固定液交換作業は行われていなかったが、いずれの施設においても囲い式ブース型フード内に、固定液交換用廃液口が設けられて、フードを稼動しながら固定液交換が行われているようである。

(2) 作業環境改善対策

固定液交換作業では、ホルムアルデヒドの発散がかなり多く、作業方法にも注意が必要である。囲い式ブース型フード内における固定液交換作業の実態調査ができなかったが、施設D及びEにおける密閉系の自動化とともに解剖作業や切り出し作業用の囲い式ブース型フード内で固定液交換作業を行うことにより、ホルムアルデヒドばく露防止ができるものと推察される。

また、これらの作業環境改善対策の計画案として、参考資料2に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

1.2.4 固定液容器保管室

実験動物施設では、解剖、臓器・器官摘出、切り出し（カツ入れ）等の作業後、臓器等の計量を行い、固定液容器内に保管する。この固定液容器は、一定期間保管室に格納される。そこで、保管室内のホルムアルデヒド濃度の測定結果は、(0.05～0.8) ppm であった。

(1) 作業環境改善の現状と問題点

本調査を行った施設等の保管室では、写真1.17に示すように、供給空気は保管室出入口扉の下部グリル開口部から供給され、天井の排気口から排気される全体換気方式の第3種機械換気が行われていた。

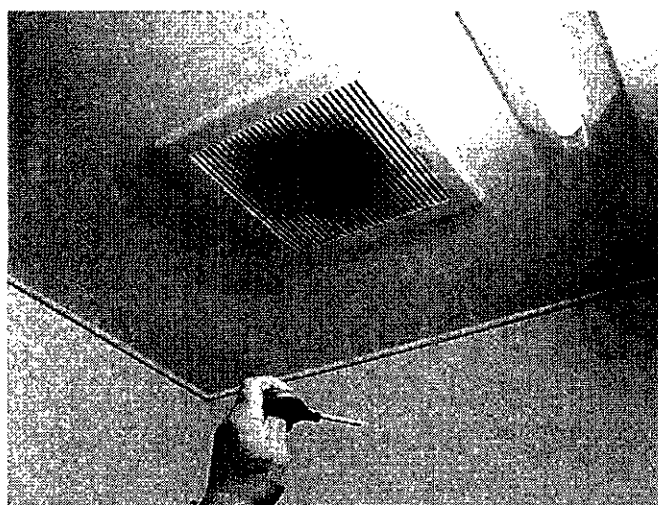



写真1.17　固定液保管室における全体換気

ほとんどの施設の固定液保管室におけるホルムアルデヒド濃度は、厚生労働省の示すガイドラインの許容値0.25ppmより高く、したがって、全体換気の換気量が少ない問題点も指摘される。

(2) 作業環境改善対策

固定液保管室の全体換気法は、排気だけの方式の第3種機械換気が中心に行われている。したがって、確実な換気量を確保することができない。そこで、確実な換気量を確保するためには、送排風機による機械換気（強制換気）の第1種機械換気の全体換気が望まれる。この方式により、1時間当り10回～15回程度の換気回数が得られるような換気量を確保するとともに、給気口と排気口の設置位置関係を考慮する必要がある。

1.2.5 保護具によるばく露防護の実態

動物実験施設の病理組織検査室におけるホルムアルデヒドばく露防護の保護具の着用状況は、ホルムアルデヒドの濃度、または作業により、ガーゼマスク、使い捨てマスク及び活性炭入り簡易マスク等を使い分けしている。また、ゴム手袋（薄手）については、すべての施設の術者が使用していた。

化学保護衣、腕カバー及び保護めがね等の着用状況は、動物実験施設により様々であるが、特に、術者の目へのばく露は、ホルマリンの液滴飛散であったり、ガス状のホルムアルデヒドである場合とがある。そこで、このようなばく露状況では、ゴグル形保護めがねの使用により、術者の目へのばく露低減が最適である。しかし、ホルムアルデヒド等は、眼、鼻、のど等への刺激、頭痛等の多様な症状が生じるので、眼だけではなく、顔全体に液滴やガス状によりばく露が想定されることから、保護めがねと防災面を併用することが望まれる。

1.2.6 まとめ

実験動物施設5ヶ所の実態調査を行うことにより、動物実験施設の病理組織検査室におけるホルムアルデヒドに係る労働衛生対策の現状と問題点が把握された。術者らのホルムアルデヒドのばく露濃度は、解剖室作業では（0.05～2.0）ppm、切り出し作業では（0.04～2.0）ppm、固定液作製作業では（0.05～4.5）ppm、固定液交換作業では（0.6～4.0）ppm及び固定液保管室では（0.05～0.8）ppmであった。

解剖作業、切り出し作業及び固定液交換作業等に対して、囲い式ブース型フードが用いられている施設では、特化則による制御風速、0.5m/sが満たされていなくても、囲い式ブース型フードの囲いの中で作業を行えば、ホルムアルデヒドのばく露防止が可能であることが判明した。しかし、囲い式ブース型フードでは、作業性に制限が生じるなどの結果、

作業能率にも影響があると考えられる。

また、解剖作業、切り出し作業及び固定液交換作業等に対して、ホルムアルデヒドのばく露防止をしていない施設等、または、排気設備の設置をしているが、その排気制御効果のない施設等では、緊急にばく露防止対策の新規計画や見直しをすることが最も重要と考えられる。

固定液作製設備のある施設では、固定液作製設備の密閉系及び自動化（1 ヶ所の施設）することにより、ホルムアルデヒドのばく露防止が可能であるが、ほとんどの施設などでは、ホルムアルデヒドのばく露防止対策がされていない問題点がある。

以上、解剖作業、切り出し作業、固定液作製作業及び固定液交換作業等の実態について報告したが、これらの作業に対する作業環境改善対策の計画案として、参考資料 2 に示されるように、動物実験施設の病理組織検査室におけるプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。

また、すべての施設の固定液保管室では、全体換気の換気回数や給気口と排気口の設置位置関係について見直しの必要性が望まれる。

さらに、保護具によるホルムアルデヒドの防護対策として、呼吸用マスクはすべての施設で着用されているが、簡単なガーゼマスクから活性炭入り簡易マスクと様々であり、また、その着用状況も様々である問題点があげられる。ゴム手袋（薄手）は、すべての施設で着用されていたが、保護めがねは、3 ヶ所の施設のみの着用であった。保護めがねはゴグル形として、すべての施設における術者の着用が望まれる。また、ホルムアルデヒド等は、眼、鼻、のど等への刺激、頭痛の多様な症状が生じるので、眼だけではなく、顔全体のばく露防止のための防災面と保護めがねの併用が望まれる。

第2章　労働衛生保護具

我が国では、「シックハウス症候群」という言葉が使われはじめたのは1994年頃からである。欧米では、「シックビルディング症候群」といわれており、オフィスやホテルのような建物において、空気調和装置内のダニ、レジオネラ菌などの生物学的因子、建材、家具、装飾品、事務機器、タバコ、殺菌、カビ、殺虫剤などによる化学的因子及び温度、湿度、照明、騒音、気流、電磁波などの物理的因子による病気や症状を総称している。

日本では、住居環境において合板等を中心とする新建材主体の家作りが多く、それらかから出される化学物質、特にホルムアルデヒドによる健康障害が社会問題となっている。

厚生労働省では、新建材として用いられる合板、繊維板などの製造業の職域における屋内空気中のホルムアルデヒド濃度の低減、ホルムアルデヒドによる労働者の健康リスクの低減を図るために、職域における屋内空気中のホルムアルデヒド濃度の指針値及び事業者が講ずべき具体的措置に関するガイドラインを策定した。

これによると、換気装置の設置など有効な措置を講じた後においても、なおホルムアルデヒド濃度が0.25ppmを超える場合には、有効な呼吸用保護具、保護めがね等を使用することになっており、また、0.25ppmを超えない場合でも、作業の形態等に応じ、呼吸用保護具の使用、作業時間の短縮について配慮することとなっている。

2.1　呼吸用保護具

呼吸用保護具には、ろ過式（防じんマスク、防毒マスク等）と給気式（送気マスク、自給式呼吸器等）の2種類があり、ホルムアルデヒドに係る業務で使用される呼吸用保護具は、図2.1に示すように、吸収缶でろ過した清浄な空気を呼吸する防毒マスクとホースにより呼吸に適した空気を作業者に送り込む送気マスクやボンベを携行してその中の空気を呼吸する空気呼吸器がある。

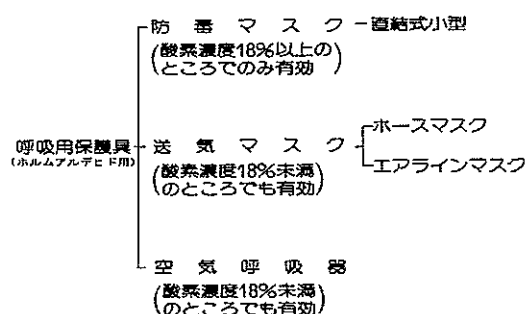



図2.1　ホルムアルデヒド用呼吸用保護具

2.1.1 防毒マスク

防毒マスクには、その形状及び使用範囲により、隔離式、直結式及び直結式小型の3種があり、面体には全面形と半面形がある。ホルムアルデヒド用防毒マスクとして、写真2.1示すように、直結式小型防毒マスクが一般的に使用される。防毒マスクは、吸収缶を通して外気を吸引し、空気中の有害ガスを除去するのが目的であって、酸素欠乏空気（酸素濃度が 18%未満）は吸収缶を通り抜けても酸素欠乏のままでマスク内へ吸引されるので、酸素欠乏空気のところでは使用できない。また、有害ガスが高濃度であるときにはきわめて短い時間で効果が失われたりする。さらに、防毒マスクの吸収缶は、特定のガス以外には効果がない。したがって、防毒マスクを有害ガスの種類や濃度の不明なところ、一つの吸収缶で除去できないガスの混在しているところ、酸素欠乏のおそれのあるところなどでは絶対に使用してはならない。また、ホルムアルデヒド用マスクとして、高濃度の場合又は長時間作業などの場合、防毒マスクのほかに保護具の選択として、給気式（送気マスク・空気呼吸器）を選ぶことが望まれる。

写真2.1　直結式小型防毒マスク(ホルムアルデヒド用)

1) ホルムアルデヒド用吸収缶の性能

吸収缶の除毒能力には限界があり、吸収剤が飽和して除毒能力を失うと有毒ガスは除去されずに通過してしまう。この状態を破過と呼ぶ。除毒能力は吸収缶の種類によって異なり、防毒マスクの規格及び日本工業規格で定められている。

吸収缶の破過時間（吸収缶が破過状態になるまでの時間）は、ガスの濃度に反比例し、高濃度の場合には短時間で効力を失ってしまう。したがって、吸収缶の使用時間は、必ず使用時間記録カードに記録し、吸収缶に添付されている破過曲線図による破過時間に達する前に新しい吸収缶と取り替えなければならない。

ホルムアルデヒド用吸収缶の除毒能力は、表 2.1 に示すように、試験ガス濃度 20ppm(気温 20℃、相対湿度 50%)の場合、破過基準 0.08ppm のとき約 100 分、破過基準 0.25ppm のとき約 180 分となり、有機ガス用吸収缶と比較して破過時間が大幅に伸びていることがわかる。したがって、ホルムアルデヒドを取り扱う特定作業場においては、特に、ホルムアルデヒド用の吸収缶を使用した防毒マスクを使用することが不可欠である。

図 2.2 にホルムアルデヒド用吸収缶の破過曲線を示す。

表 2.1 ホルムアルデヒド用と有機ガス用に対する吸収缶の性能比較

ホルムアルデヒド試験ガス濃度 20ppm20℃50%RH	破過時間 (0.08ppm基準)	破過時間 (0.25ppm基準)
KGC-10FAホルムアルデヒド用	約100分	約180分
KGC-1L(有機ガス用)	約10分	約20分

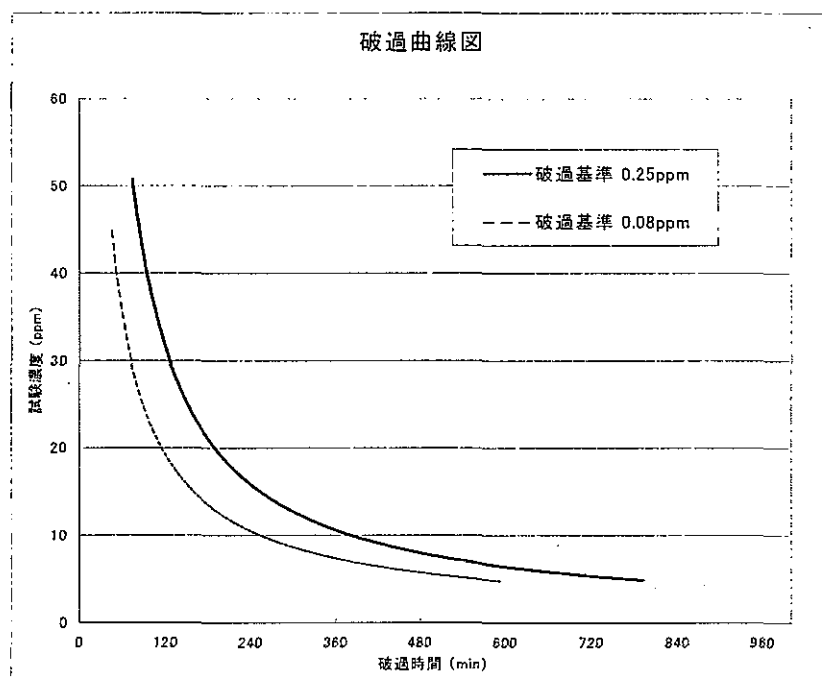



図 2.2 ホルムアルデヒド用吸収缶の破過曲線

2) 温湿度条件と除毒能力

吸収缶の破過時間は、防毒マスクを使用する作業環境の温度や湿度によって短くなる場合がある。表 2.2 にホルムアルデヒド用吸収缶の温湿度条件と除毒能力を示す。試験ガス

濃度 20ppm で気温 20℃、相対湿度 85%、気温 25℃、相対湿度 65%の各条件下で、破過時間は表 2.2 に示すように、気温 20℃、相対湿度 50%に比べて短くなっていることから温度や湿度が高いと性能が低下する傾向にあることがわかる。また、同じ水蒸気量でも温度の高い条件では、性能が大きく低下する傾向にあることから、吸収缶の日常の保管方法等にも十分な注意が必要である。

表 2.2　温湿度条件と除毒能力

試験温湿度（水蒸気量g/m³）	破過時間（0.08ppm基準）	破過時間（0.25ppm基準）
20℃85%RH（約15g/m³）	約70分	約120分
25℃65%RH（約15g/m³）	約50分	約100分

2.1.2 送気マスク

ろ過式防毒マスクは、手軽に使用でき、価格も手ごろなことから多く使用されている。しかし、作業環境における有害ガス濃度が高い場合、酸素濃度が低い場合などでは、ろ過式防毒マスクを使用することが難しい。このようなときに、作業環境外から必要な空気を取り入れる方式の送気マスクが有効である。

送気マスクは、写真 2.2 に示すように、空気を送るホースが付いているので作業行動範囲が限定されるが、吸気抵抗はほとんどなく呼吸が楽に行えるため、長時間の作業などに適している。送気マスクについては、防毒マスクのように国家検定規格はないが、JIS T8153(送気マスク)によりその性能や構造上の規定が定められている。

写真 2.2　送気マスクの例

写真 2.3　空気呼吸器の例

2.1.3 空気呼吸器

空気呼吸器は、写真 2.3 に示すように、清浄な空気をボンベに詰めて、作業者が背負って携行し、そのボンベ中の空気により呼吸するものである。1 本のボンベ内の空気を有効に使用する時間は、ボンベの容量と作業の強度により異なるが、約 10～80 分ぐらいまでの各種のものがある。

給気式呼吸用保護具は、ろ過式防毒マスクに比べて安全性が高く、作業環境の有害ガスに関係なく使用が可能であるが、重い、作業性が悪い、時間又は作業行動範囲が制約され、高価であるなどの欠点がある。

2.1.4 防毒マスクの使用と管理に関する留意事項

事業者は、衛生管理者、作業主任者等の労働衛生に関する知識、経験を有するもののうちから、各作業場ごとに呼吸用保護具を管理する責任者を指名し、呼吸用保護具の適正な着用、取扱方法について必要な指導を行わせるとともに、呼吸用保護具の保守管理を行わせる。

防毒マスクの使用と管理に当たっては、以下の点に留意する必要がある。

① 防毒マスクを使用する作業環境空気中の酸素濃度は 18%以上でなければならない。

② 吸収缶は、対象ガスに合った吸収缶が付いていることを使用前に必ず確認する。

③ 防毒マスクの使用時間は、当該防毒マスクの取扱説明書等及び破過曲線図、メーカへの照会結果等に基づいて、作業場所における空気中の存在する有害物質の濃度、温度、湿度等に対して余裕のある使用時間をあらかじめ設定し、その設定時間を限度に防毒マスクを使用する。なお、従来から使用している防毒マスクの使用中に臭気等を感知した場合を使用限度時間の到来として吸収缶の交換時期とする方法は、有害物質の臭気等を感知できる濃度が管理濃度より小さい物質に限り行っても差し支えない。

④ 添付されている使用時間記録カードの記録と破過曲線図を比較して、有効時間が十分に残っていることを使用前に必ず確認する。

⑤ 有害物質の種類、濃度、吸収缶の有効時間が不明の場合又は酸素欠乏の危険がある場合には、送気マスクを使用しなければならない。

⑥ 防毒マスクを着用しての作業は、通常より呼吸器系統に負荷がかかることから、呼吸器系統に疾患があるものについては、防毒マスクを着用しての作業が適当であるか否かについて、産業医等に確認する。

⑦ 吸収缶に充填されている活性炭等は、吸湿又は乾燥により能力が低減するものが多いため、吸収缶の保管はビニール袋に入れて密閉する等の措置をとるなど十分配慮しなければならない。また、隔離式吸収缶の上栓と下栓は、使用が終了したら必ず

閉めておく。

⑧ 防じんマスクの使用が義務づけられている業務であって防毒マスクの使用が必要な場合には、防じんマスクの検定にも合格している吸収缶を装着した防毒マスクを使用する。

⑨ 防毒マスクを使用する際には、その都度排気弁の気密性、吸収缶の状態等について点検し、着用の都度、陰圧テストにより密着性の良否を確認する。

⑩ 防毒マスクの着用方法は、タオル等を当てた上からの着用、面体の接顔部に接顔メリヤス等を使用したり、着用者のひげ、もみあげ、前髪等が面体の接顔部と顔面の間に入り込んだり、排気弁の作動を妨害するような状態で使用すると、有害物質が面体の接顔部から面体内へ漏れ込む等のおそれがあるため行うべきでない。ただし、防毒マスクの着用により皮膚に湿しん等を起こすおそれがある場合で、かつ、面体と顔面との密着性が良好であるときは、接顔メリヤス等を使用してもよい。

⑪ 予備の防毒マスク、吸収缶その他の部品を常時備え付け、適時交換して使用するようにする。

⑫ 防毒マスクを常に有効かつ清潔に保持するために、面体、吸気弁、排気弁、しめひも等については、乾燥した布片又は軽く水で湿らせた布片で付着した粉じん、汗等を取り除く。また、汚れの著しいときは、吸収缶を取り外した上で中性洗剤等により水洗いする。

⑬ 防毒マスクは、積み重ね、折り曲げ等により面体、連結管、しめひも等について、き裂、変形等の異常を生じないように保管する。保管に当たっては、直射日光の当たらない場所に専用の保管場所を設け、管理状況が容易に確認できるようにする。

⑭ 防毒マスクは、常時着用して作業をするというより、一時的な必要により、あるいは、環境改善を進めた上で労働者のばく露をより低減させるためのものとして使用するものである。

2.2 保護めがね

眼の外傷は、身体の他の部位の外傷に比較して、その割合が非常に高い。これは、眼がものを見るという重要な情報器官であることから、常に外界に露出していなければならず、いつも何かの対象に向かっていなければならないためである。眼は、身体の部位で最も重要な器官の一つであるが、また、最も外力に対して弱いものであり、したがって、保護めがねの着用は厳重に履行しなければならない。

保護めがねとは、作業中に発散する化学物質、飛来物、浮遊粉じん、熱、有害光線などから眼を保護するために、耐衝撃性、耐摩耗性、耐熱性、耐有害光線など、それぞれの特性を持っためがねをいう。

2.2.1 保護めがねの種類と特徴

保護めがねのフレームの素材には、プラスチックとメタルがあり、レンズの素材にも強化ガラス(JIS T8146)や硬質プラスチック(JIS T8147)などが用いられている。

強化ガラスレンズは、普通のガラスを800～900℃に加熱し、急冷してレンズに強度を持たせたものである。一方、硬質プラスチックレンズは、光学特性の優れた耐衝撃性のポリカーボネートが主に使用されている。ポリカーボネートはガラスレンズに比べて質量が半分程度で、割れることがほとんどないことから、眼に破片のはいることはないが、取扱い方によっては表面にきずがつきやすいので使用上の注意が必要である。

図2.3に保護めがねの種類を示す。

1) めがね形（スペクタクル形）

めがね形は、強化ガラス又は硬質プラスチックレンズにより、主に正面からの飛来物を防ぐことを目的とするが、側面からの飛来物を防ぐ場合は、サイドシールド（側板）のついためがねをかける。したがって、サイドシールド（側板）のあるものとないものの2種類がある。このめがね形は、通気が良好であるために、高温、高湿作業でもレンズが曇ることがない。

2) フロント形

フロント形は、作業者自身のめがねの前部に取り付けて使用するめがねであり、作業者自身のめがねの保護にも役立つ。また、作業者自身のめがねより少し大きめがよく、軽作業における粉じん、飛来物用のめがねとして適している。

3) ゴグル形

ゴグル形は、枠とアイピース（ゴグルのレンズ部）にさまざまな材質があり、使用目的に合わせた選択が重要である。ゴグル形は、眼の周囲を覆うので、薬液の飛沫や蒸気ばく露の防止に効果的であり、2眼形と1眼形の2種類がある。2眼形のアイカップの深さは、まつ毛がレンズにさわらない程度とし、皮膚に接する部分は柔軟で、よく密着することが必要である。しかし、ゴグル形は密着性が高いので、アイピースができるだけ曇らないものの選択が肝要である。

4) 防災面

保護めがねは眼のみを保護の対象としているのに対して、防災面は、顔面全体を保護するものであり、透明なプラスチック製のシールド形式である。したがって、矯正眼鏡の上からも着用できるし、飛散物を受けてもほとんど割れない。割れても破片が眼や顔面に突き刺さることも少ない。しかし、強度には限界がある。

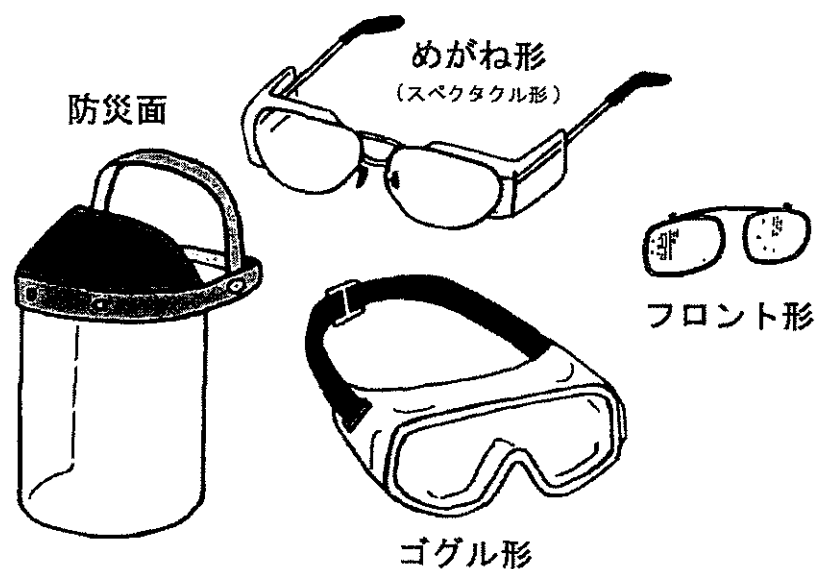



図 2.3　保護めがねの種類

2.2.2 ホルムアルデヒド用保護めがね

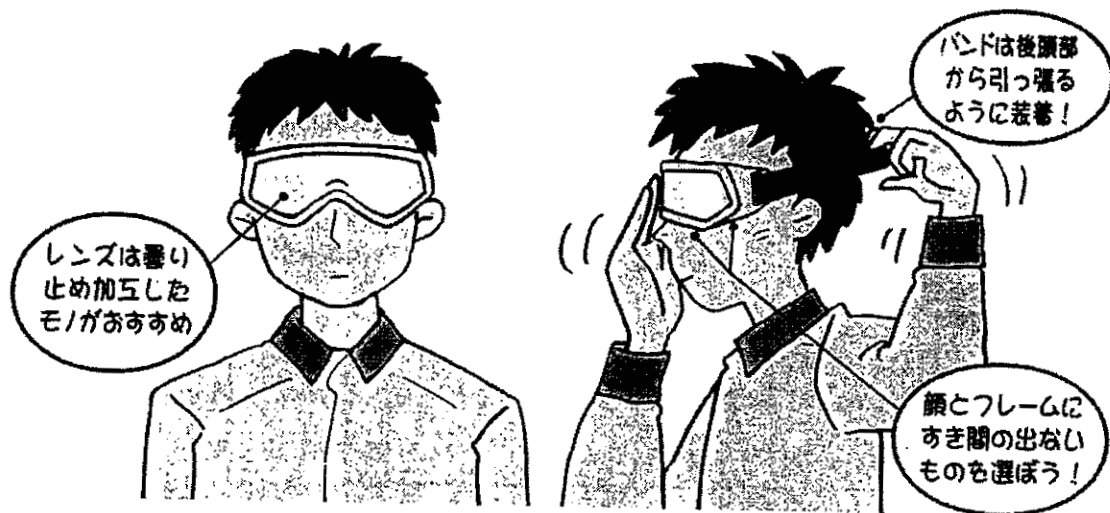
動物実験施設の病理組織における解剖作業及び切り出し作業等の作業者の眼へのばく露状況は、ホルマリンの液滴飛散であったり、ガス状のホルムアルデヒド等であったりする場合がある。

そこで、このようなばく露状況では、ゴグル形保護めがねの使用により、作業者の眼へのばく露低減が最適である。しかし、ホルムアルデヒドは、眼、鼻、のど等への刺激、頭痛等の多様な症状が生じるので、眼だけでなく、顔全体に液滴やガス状によりばく露が想定されることから、保護めがねと防災面を併用することが望まれる。

2.2.3 ゴグル形保護めがねの装着ポイント

ゴグル装着のポイントは、図 2.4 に示すように、①バンドは後頭部から引っ張るように装着。②顔面とフレームにすき間のでないものを選択。③レンズは曇り止め加工したものを選択。④めがねを取り外し置くときは、レンズ面が下にならないように置く等の点に留意することが重要である。

図 2.4　ゴグル装着のポイント

参考資料１

局所排気装置、プッシュプル型換気装置及び全体換気装置の概要

1. 局所排気装置

有害物質の発散の抑制や有害物質を取り扱う設備を完全に密閉化できないときに、発散した有害物質を局所的（発散源）に捕捉吸引して取り除く方法である。局所排気装置の構成は、フード、吸込みダクト、空気清浄装置、ファン（排風機）、排気ダクト及び排気口の各部から構成されている。

1）フード

フードは、有害物質の発散源をできるだけ包むように設けた囲い又は包むことができないときに、できるだけ発散源に近づけて設けた開口部をいい、これらの開口部（すきまなどを含む）に吸込み気流を起こさせて、有害物質を効率よく捕捉吸引するように設計すべきである。フードは、発散源とフードの位置関係及び有害物質の発散状況に応じて次の 4 方式に大別される。

(1) 囲い式

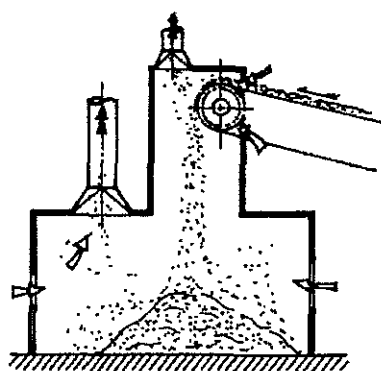
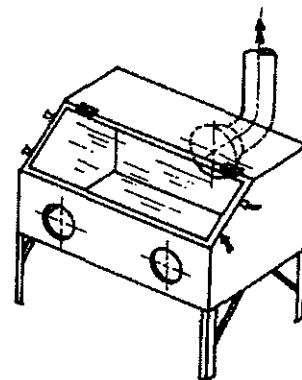
発散源がほぼ完全に囲まれた形状のもので、開口部としてはすきま、製品の出入口、観察孔などの比較的小さな開口部を持った方式のものである。この方式は、排風量は極めて少なく、フードの排気効果は最も大きい。図 1 に囲い式フードの例を示す。

(a) カバー型　　(b) グローブ・ボックス型

図 1　囲い式フード

(2) ブース式

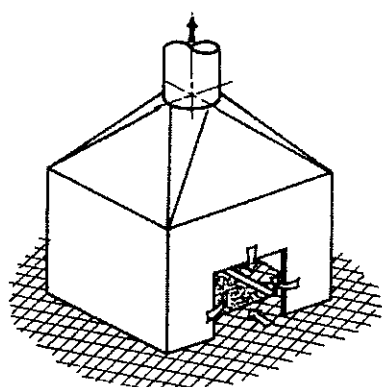
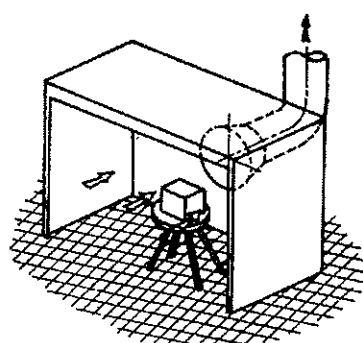
作業のための開口となる1面を除いて、発散源のまわりをすべて包み囲む形状であり、有害物質はこの中で発散しているものである。したがって、この1面開口部に吸込み気流を与え、内部の有害物質が外部に漏れ出ないように制御する。この方式は、有害物質の排気に対してはむだな部分が少なく、開口部のまわりの壁は、フランジの役目をなし、かつ、側面は外部からの乱れ気流による妨害に対してバッフルの役目をなしているので、少ない排風量で大きなフードの効果をもたらす。図2にブース式フードの例を示す。

(a) ドラフト・チャンバ型

(b) グローブ・ボックス型

図2　ブース式フード

(3) 外付け式

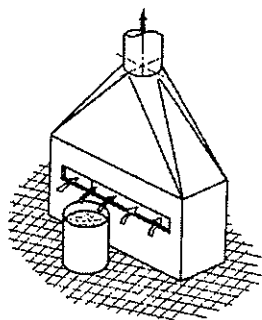
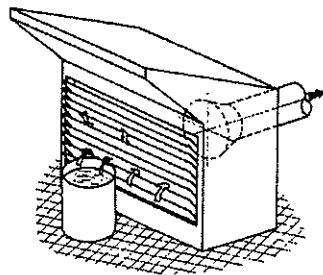
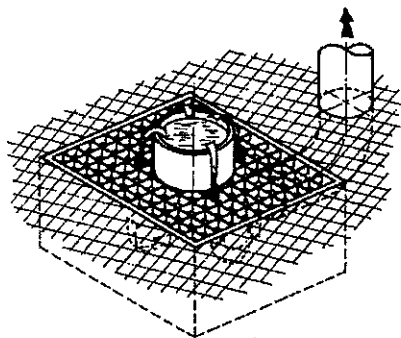
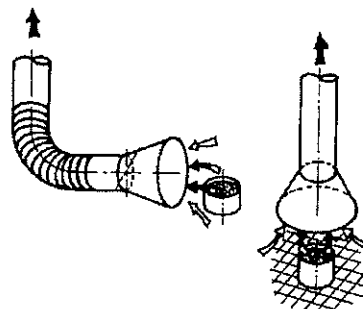
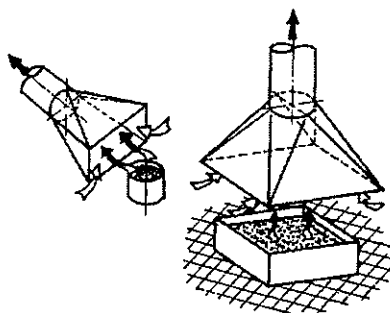
作業の条件上発散源を囲むことができない場合に、作業に支障のない範囲で、発散源に対してできるだけ近接した場所に設けられるフードである。この方式は、発散源周囲の余分な空気も吸引し、また、外部からの乱れ気流の影響を受けるという欠点がある。図3に外付け式フードの例を示す。

(a) スロット型　(b) ルーバ型

(c) グリッド型　(d) 円形型

(e) 長方形型

図3　外付け式フード

(4) レシーバ式

発散源に熱浮力による上昇気流、または、回転による慣性気流などの一定方向の有害物質があるとき、その気流の方向に沿って汚染気流を受け取るように開口部をまたは囲いを設けた形式のものである。外付け式と似ているが機能の点で異なる。図4にレシーバ式フードの例を示す。

(a) キャノピ型　(b) 円形型

(c) 長方形型　(d) カバー型

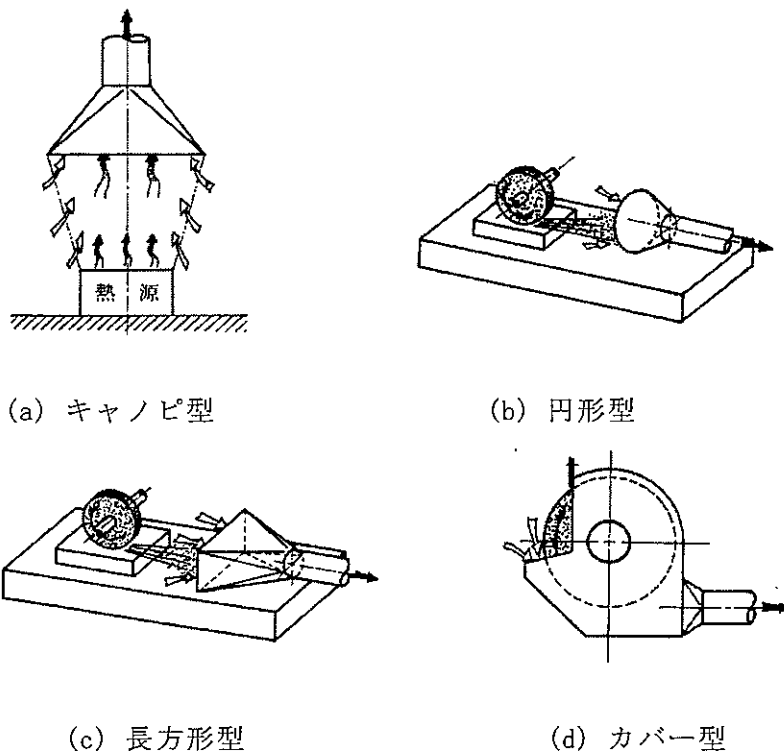



図4　レシーバ式フード

2) ダクト

有害物質を含む空気をフードから空気清浄装置を通りファンまで搬送する導管(吸込みダクト)及びファンから排気口まで搬送する導管（排気ダクト）をいう。

3) 空気清浄装置

フード、吸込みダクトで集めた有害物質を含む空気を、外気に放出する前に清浄にする装置である。この装置は、粉じんを除去するための除じん装置（集じん装置）とガス、蒸気を除去するための排ガス処理装置に大別される。

4) ファン（排風機）

有害物質を含む空気を、ダクトを通して排気するためにエネルギーを与える装置である。この装置には、遠心式と軸流式に大別される。

5) 排気口

ダクト中の空気を放出する部分をいう。

2. プッシュプル型換気装置

プッシュプル換気とは、吹出し気流と吸込み気流とで比較的安定した気流の層をつくり有害物質の拡散をコントロールしようとする方法で、2 つのフードが向かいあうように設け、片方を吹出し用（プッシュフード）、もう一方を吸込み用（プルフード）として使用し換気を行う方法である。2 つのフードには、各々プッシュ側ダクト系、プル側ダクト系で構成されている。プッシュプル型換気装置は、密閉式と開放式に大別される。

1) 密閉式プッシュプル型換気装置

四側面、天井、床が囲まれているブースを有し、一方向より新鮮空気を供給し、他方からブース外（屋外）へ排気する形式のもので、空気の供給口（プッシュフード）と吸引口（プルフード）以外はすべて密閉されている。空気の供給は、送風機を用いないで排気用の排風機により誘引の形式でもよい。ブース内の空気の流れは、下降流が望ましいが、労働者が有害物質にばく露されるおそれがない構造にすれば斜方向、横方向でもよい。

2) 開放式プッシュプル型換気装置

開放式プッシュプル型換気装置の一例を図 5 に示す。装置の設置にあたり、次の条件を満たす必要がある。

① 送風機により、新鮮空気を供給し、排風機でその空気をダクトを通して屋外に排出する構造であること。

② 有害物質の発散源が換気区域の内部にあること。換気区域とは、図 3.5 の破線で囲われた内部で、吹出し側フードの開口部の任意の点を結ぶ線分が通ることのある区域である。

③ 気流の方向は下降流が望ましいが、有害物質の蒸気の発散源にできるだけ近い位置に吸込み側フードを設ける等労働者がばく露される恐れのない構造にすれば､斜方向、横方向でも良い。

④ 捕捉面とは、プッシュプル気流の方向に垂直な換気区域の断面をいう。

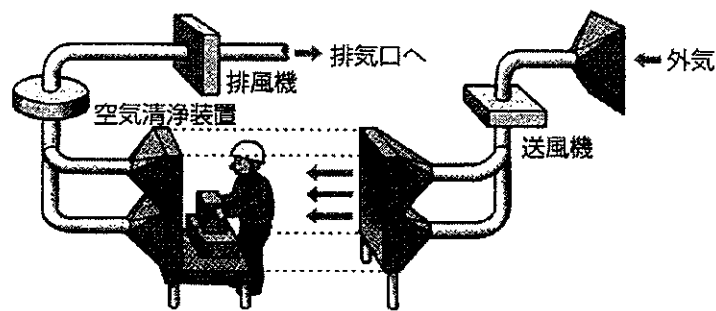



図５　開放式プッシュプル型換気装置（水平流）

〈注〉　換気区域と換気区域外との境界におけるすべての気流が、
吸込み側フードの開口部に向かうこと。

3.　**全体換気**

全体換気は、希釈換気とも呼ばれる。発散源から発散した有害物質を含む空気は、室内の空気に希釈されながら排気口等から排出される。換気量の計算は、期待する平均汚染濃度Ｋ（mg/m³）を想定するとともに、ガス、蒸気、粉じんの発生量Ｗ（g/h）を推定しなければならない。必要排気量Ｑ（m³/min）とすれば、Ｑは、次式で計算できる。

$$Q\ [\mathrm{m^3/min}] = \frac{1\,000\,W}{60\,K} = \frac{50\,W}{3\,K}$$

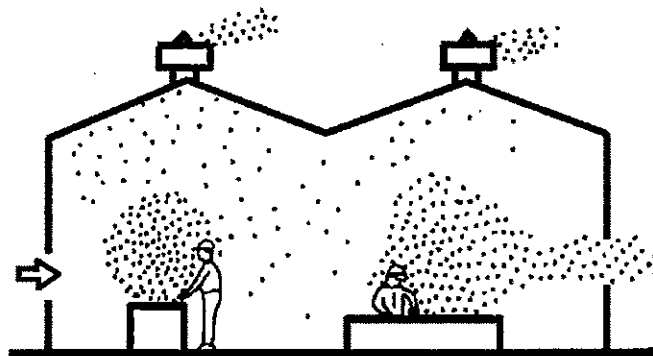
気体有害物質の平均濃度をＫ’（ppm）で表す場合には、分子量をＭと次式で計算できる。

$$K = K' \times \frac{M}{24.47}$$

$$Q = \frac{50 \times 24.47 \times W}{3 \times K' \times M}$$

全体換気の一例を図 3. 6 に示す。

図６　全体換気の一例

参考資料2

動物実験施設の病理組織検査室における開放式プッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例

1. 解剖作業及び切り出し作業

動物実験施設の解剖作業及び切り出し作業では、囲い式ブース型フード及び外付け式フードが多く用いられていたが、囲い式ブース型フードでは、囲いの中で作業を行えば、その排気制御効果がえられる。しかし、囲いの中の作業は、作業性に制限が生じるなどの結果、作業能率にも影響があると考えられる。

そこで、作業性、作業能率、経済性及び排気制御効果の観点から開放式プッシュプル型換気装置として、図1に示すように、オープンドラフト方式の卓上型プッシュプル換気装置（下降流）がホルムアルデヒドのばく露防止に推奨される。

卓上プッシュプル型換気装置は、装置上部のプッシュフードから一様な気流を吹出し、作業エリアで発生するホルムアルデヒド蒸気を捕捉し、装置ベースのプルフード吸引面に吸込まれる方式である。装置ベースのプルフードは、非常に薄く形作られている関係上、病理実験机等に簡単に置いてワークテーブルとしてそのまま作業ができる。

記号と単位

Q_1：プッシュ風量「吹出し風量」(m^3/min)

Q_2：排風量「吸込み風量」(m^3/min)

K：プッシュプル流量比

Vc：捕捉面平均風速(m/s)

V_T：搬送速度(m/s)

P_R：圧損(mmH_2O「hPa」)

P_V：速度圧(mmH_2O「hPa」)

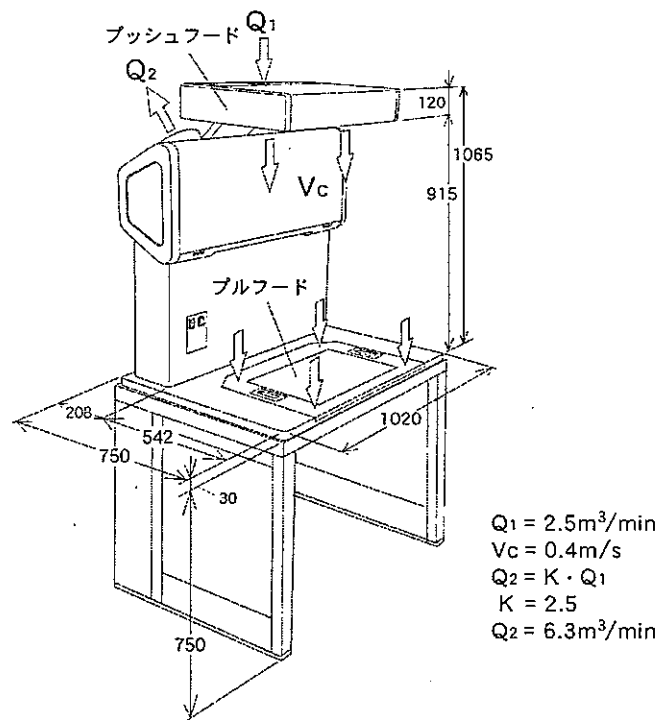



図1　1台のオープンドラフト方式の卓上型プッシュプル換気装置（下降流）を用いた対策例Ⅰ

動物実験施設の解剖作業及び切り出し作業では、1～6名ほどの術者により作業が行われており、したがって、図2、3及び4に示すように、開放式のプッシュプル型換気装置によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。設計資料は図に併記した。

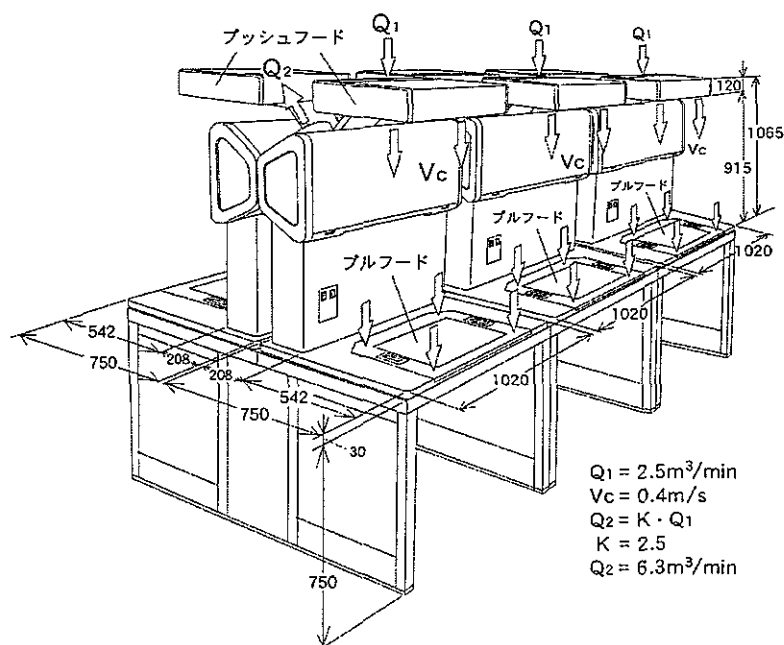



図2　6台のオープンドラフト方式の卓上型プッシュプル換気装置（下降流）を用いた対策例Ⅱ

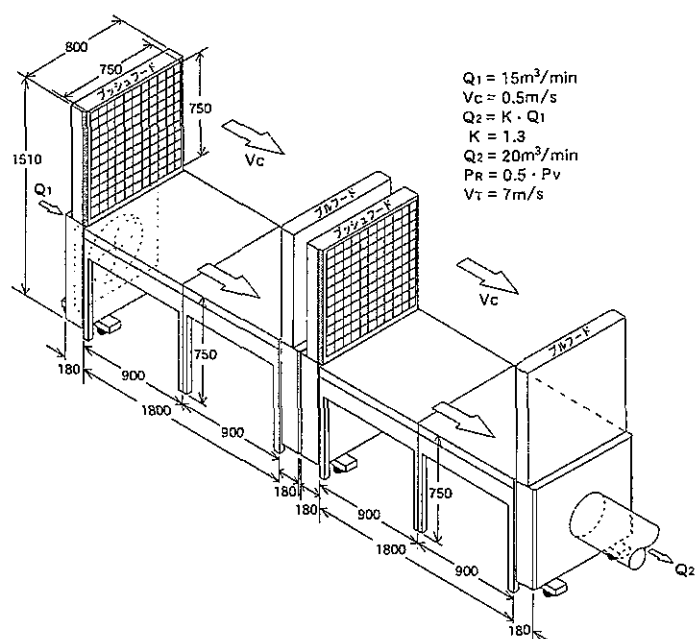



図3　2台の小型プッシュプル換気装置（水平流）を用いた対策例Ⅲ

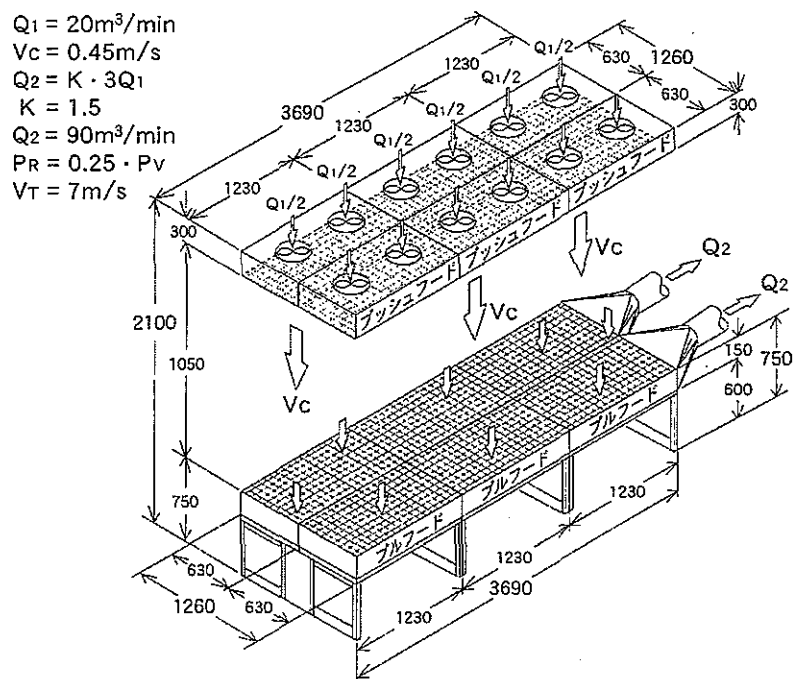



図４　６台のプッシュプル型換気装置（下降流）を用いた対策例Ⅳ

2.　固定液作製作業

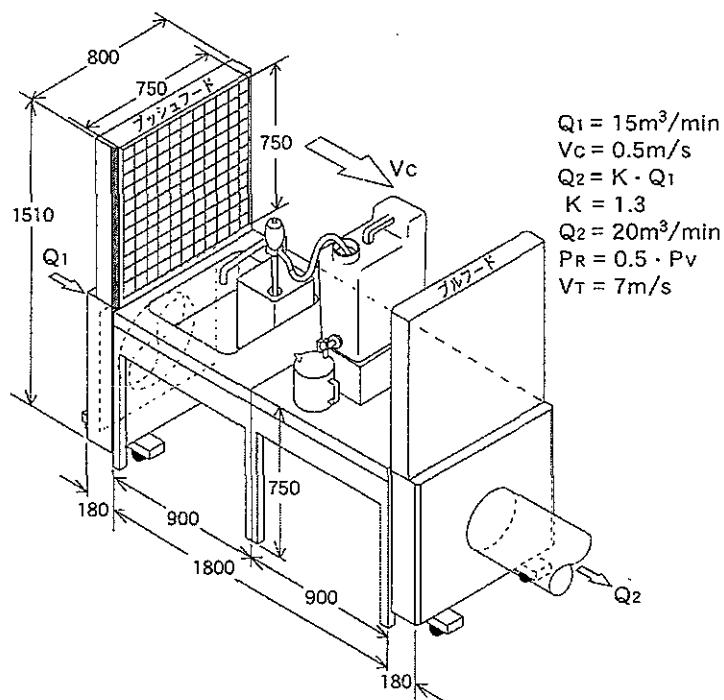



図５　固定液作製作業に用いられる小型プッシュプル換気装置（水平流）の対策例

固定液作製作業では、ホルマリン原液（35%ホルムアルデヒド水溶液）タンクから手動用のポンプにより混合タンクへ注入しているが、原液タンクの開口部とポンプ用の管とのすきまから高濃度（4.5 ppm）のホルムアルデヒドが発散する。また、10%のホルマリン固定液タンクからビーカに注入するときにもホルムアルデヒドが発散する。しかし、その発散源対策が 3 ヶ所の施設でなされていない。

そこで、これらの発散源対策として、図 5 に示すように、開放式小型プッシュプル換気装置（水平流）によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。設計資料は図に併記した。

3. 固定液交換作業

固定液交換作業は、囲い式ブース型フード内で作業が行われている施設が 3 ヶ所あったが、1 ヶ所の施設では、ブース型フードの囲いの外での作業のため排気制御効果が得られていなかった。また、外付け式フードを用いている施設でもその排気制御効果が得られてなかった。さらに、写真 1.16 に示すように、流し台で行われる固定液交換作業では、ホルムアルデヒド濃度（4.0 ppm）が非常に高い値を示した。

そこで、これらの発散源対策として、図 6 に示すように、開放式小型プッシュプル換気装置（水平流）によるホルムアルデヒド濃度低減のための改善例が推奨される。設計資料は図に併記した。

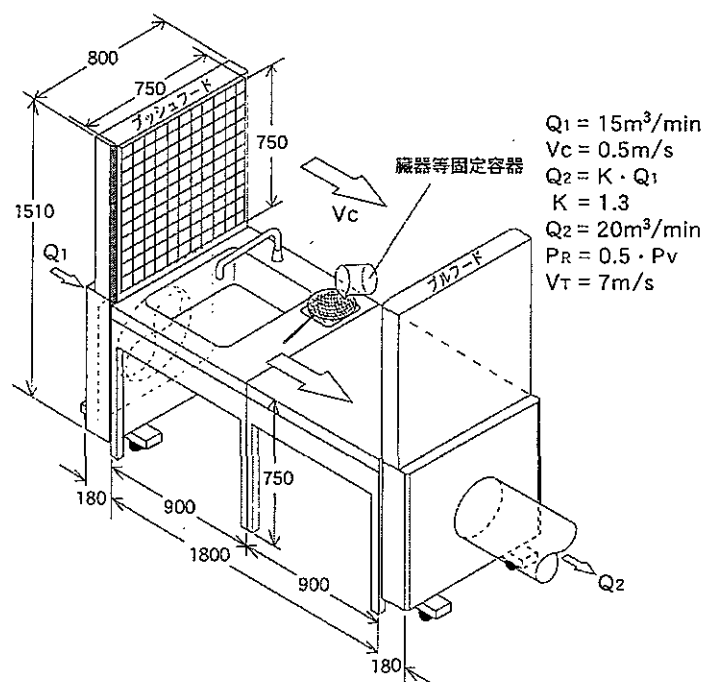



図 6　固定液交換作業に用いられる小型プッシュプル換気装置（水平流）の対策例